

UNIVERSIDAD DE LEÓN

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS



**EVALUACIÓN DE LAS CUALIDADES FÍSICAS INTERVINIENTES  
EN FUTBOLISTAS VENEZOLANOS EN FORMACIÓN**

Autor: Pedro Felipe Gamardo Hernández

LEÓN 2012

UNIVERSIDAD DE LEÓN

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS



**EVALUACIÓN DE LAS CUALIDADES FÍSICAS INTERVINIENTES  
EN FUTBOLISTAS VENEZOLANOS EN FORMACIÓN**

Directores: Dr José Antonio de Paz  
Dr Javier González Gallego

LEÓN 2012



Universidad de León

**INFORME DEL DIRECTOR DE LA TESIS**

El Dr. D. José Antonio de Paz Fernández director de la tesis titulada  
**“EVALUACIÓN DE LAS CUALIDADES FÍSICAS INTERVINIENTES EN  
FUTBOLISTAS VENEZOLANOS EN FORMACIÓN”**

realizada por Pedro Felipe Gamardo Hernández, en el programa de doctorado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León, informa favorablemente el depósito de la misma, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firman, en León a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Fdo: Dr. José Antonio de Paz  
Fernández

Fdo: Javier González Gallego



Universidad de León

**ADMISIÓN A TRÁMITE DE LA TESIS DOCTORAL**

El órgano responsable del programa de doctorado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de León en su reunión celebrada el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ ha acordado dar su conformidad a la admisión a trámite de lectura de la tesis Doctoral titulada **“EVALUACIÓN DE LAS CUALIDADES FÍSICAS INTERVINIENTES EN FUTBOLISTAS VENEZOLANOS EN FORMACIÓN”** dirigida por el Dr D. José Antonio de Paz Fernández y el Dr. Javier González Gallego, elaborada por D. Pedro Felipe Gamardo Hernández.

Lo que firman, en León a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

VºBº

La Secretaria

Fdo: Dr. Juan José García Viéitez

Fdo: Dr Pilar Sánchez Collado

## Agradecimientos

La realización de un trabajo como este siempre es el resultado del concurso de un grupo de personas que con su participación, en un momento cualquiera, contribuye a su feliz término.

Por ello, se reconoce la colaboración incondicional que muchos actores aportaron y con el fin de ofrecerle al deporte venezolano una visión diferente, desde la perspectiva académica, permitieron la cohesión para el trabajo de equipo y por último, comprometen al autor en la continuación del fortalecimiento profesional, investigativo y sobre todo personal.

Son muchas las personas a las que tengo que agradecer por permitirme completar esta tarea, ardua, exigente pero fundamentalmente satisfactoria.

A mi director de tesis Dr. José Antonio de Paz. Tienes un mérito especial, me demostraste desde la primera clase, en Venezuela hasta los días de pasantía en el famoso 85, que la investigación relacionada con la actividad física y el deporte es posible si se realiza con un alto grado de compromiso personal.

Además, te agradezco muy especialmente el tiempo y la formación que recibí de tu parte, durante mi pasantía en tu laboratorio porque me permitió experimentar actividades académicas novedosas relacionadas a la evaluación física de personas con patologías y con deportistas profesionales.

Al Dr. Javier González Gallego, siempre diligente para dar respuestas claras y precisas en torno a las inquietudes que se presentaron en algún momento y por apoyarme en mi estadía en la Universidad de León.

A los profesores: José Decán, Pedro Rangel, Jesús Gil, Samuel Everduim, Emilio Manrique y Maira Vallenilla, en su momento fueron responsables por conducir algún aspecto de la investigación.

A mi amigo Domingo Hernández por tus palabras estimulantes y orientadas siempre hacia la búsqueda del conocimiento y al desarrollo personal.

A mi amiga Zully Millán por el apoyo estadístico y la observación crítica y certera en pro de la investigación.

A mi colega Dr. Elvis Ramírez, por su disposición en todo momento a informar sobre las características académicas del doctorado.

Al señor Pedro Gómez, conocedor del fútbol por su experiencia como jugador y responsable del mantenimiento del campo, apoyaste sin quejas las

solicitudes que surgieron durante el desarrollo del trabajo y facilitaste la incorporación al estudio de los jugadores que conformaron tu escuela de fútbol.

A todos los jugadores de las diferentes escuelas que participaron con mucha curiosidad y entusiasmo en cada una de las pruebas realizadas.

A los estudiantes del departamento de Educación física que apoyaron la aplicación de las pruebas realizadas.

A todos los entrenadores y personal técnico de los diferentes equipos que participaron en el estudio.

<b>Contenido</b>	<b>pp</b>
<i>Índice de figuras</i> .....	9
<i>Índice de cuadros</i> .....	11
<i>Índice de abreviaturas</i> .....	13
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO</b> .....	<b>25</b>
1.1.1 CAPACIDADES FÍSICAS Y FÚTBOL.....	25
1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL FÚTBOL .....	31
1.1.3 BATERÍA DE PRUEBAS FÍSICAS PARA EVALUAR AL FUTBOLISTA .....	36
1.1.4 PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO .....	37
<b>1.2 CARACTERÍSTICAS E INDICADORES DEL DESARROLLO     INFANTIL-ADOLESCENTE</b> .....	<b>40</b>
1.2.1 MADURACIÓN .....	43
1.2.2 MADURACIÓN SOMÁTICA.....	44
1.2.3 MADURACIÓN SEXUAL .....	46
<b>1.3.1 EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD AERÓBICA Y ANAERÓBICA</b> .....	<b>60</b>
1.3.2.1 FUERZA MUSCULAR .....	80
1.3.2.2 DINAMOMETRÍA .....	81
1.3.2.3 POTENCIA MUSCULAR .....	88
1.3.2.4 SALTABILIDAD.....	98
1.3.3 AGILIDAD .....	108
1.3.4. FLEXIBILIDAD .....	112
1.3.5 PERFIL FISIOLÓGICO DEL FUTBOLISTA .....	118
1.3.6 EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS CAPACIDADES FÍSICAS...	125
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>134</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>136</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b> .....	<b>136</b>
<b>3.2.1 PRUEBAS ANTROPOMÉTRICAS</b> .....	<b>137</b>
<b>3.2.1. ESTADIO DE MADURACIÓN</b> .....	<b>137</b>
<b>3.2.1. EDAD DECIMAL:</b> .....	<b>137</b>
<b>3.2.1. ESTATURA DE PIE:</b> .....	<b>138</b>
<b>3.2.1. PESO CORPORAL</b> .....	<b>138</b>
<b>3.2.1. PANÍCULOS</b> .....	<b>138</b>
<b>3.2.1. CIRCUNFERENCIAS:</b> .....	<b>139</b>
<b>3.2.1. PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LA COMPOSICIÓN</b>	

CORPORAL.....	139
3.3.1 PRUEBAS PARA EVALUAR LAS CUALIDADES FÍSICAS .....	140
3.3.2 PRUEBAS FÍSICAS GENERALES.....	141
3.3.1 FLEXIBILIDAD.....	141
3.3.2 VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO .....	142
3.3.3 AGILIDAD.....	142
3.3.4 RESISTENCIA ABDOMINAL.....	144
3.3.5 COURSE NAVETTE.....	145
3.3.6 SALTO VERTICAL .....	146
3.3.7 RESISTENCIA AL ESPRINT 30 METROS.....	147
3.3.3 PRUEBAS DE LABORATORIO .....	148
3.3.3.1. CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO:.....	148
3.3.3.2 TEST DE WINGATE.....	150
3.3.3.3 DINAMOMETRÍA.....	151
3.3.3.4 SALTABILIDAD: .....	152
3.3.3.5 FUERZA MÁXIMA .....	153
4. MÉTODO ESTADÍSTICO.....	155
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	157
6. DISCUSIÓN .....	182
7. CONCLUSIÓN.....	197
8. BIBLIOGRAFÍA .....	199

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**pp**

Figura 1. Valores de parámetros fisiológicos cardiovasculares y respiratorios ..... 35

Figura 2. Componentes evaluados antes y después del período de entrenamiento 35

Figura 3. Características de los cuatro tipos principales del crecimiento en valores porcentuales ..... 43

Figura 4. Relación entre la edad y estatura de 400 niños daneses. Se muestra número de sujetos y rangos de clase de la edad y la estatura. .... 51

Figura 5. Relación entre parámetros fisiológicos como ventilación pulmonar, frecuencia respiratoria y consumo máximo de oxígeno con la estatura ..... 51

Figura 6. Medias y desviaciones estándar de la edad para el inicio de las etapas del vello púbico y desarrollo genital en niños por razas ..... 53

Figura 7. Comparaciones de resultado de auto informe de maduración de Tanner 58

Figura 8. Consumo máximo de oxígeno de acuerdo a la edad ..... 71

Figura 9. Valores de la fuerza isométrica obtenidos por dinamometría manual en futbolistas adolescentes ..... 82

Figura 10. Valores obtenidos de fuerza abdominal y espalda en jugadores de fútbol adolescentes ..... 82

Figura 11. Valores de la potencia de piernas obtenida por cicloergómetro en niñas y niños ..... 92

Figura 12. Rendimiento anaeróbico de niños, adolescentes y adultos ..... 93

Figura 13. Valores de la altura y potencia de salto en niñas y niños ..... 94

Figura 14. Representación gráfica de la respuesta del lactato sanguíneo antes, durante y después de realizar el test de Wingate ..... 97

Figura 15. Valores absolutos y relativos en promedio y desviación estándar de potencia pico, potencia promedio, potencia mínima y descenso de la potencia en niños, adolescentes y adultos ..... 98

Figura 16. Valores de las pruebas aplicadas en medias y desviación estándar .... 113

Figura 17. Perfil fisiológico de futbolistas de acuerdo a su posición, incluye valores de la flexibilidad ..... 114

Figura 18. Correlaciones de los diferentes protocolos de prueba sit and reach: clásico, sentado, con rodilla opuesta flexionada y goniometría ..... 114

Figura 19. Valores de la distancia, el tiempo de recuperación y la frecuencia  
registrados por los jugadores locales e internacionales ..... 123

Figura 20. Niveles de intensidad alcanzado por períodos de 5 minutos ..... 124

**ÍNDICE DE CUADROS****pp**

Cuadro 1. Valores en media y desviación estándar de las características antropométricas.....	159
Cuadro 2. Valores de significancia de las variables antropométricas.....	160
Cuadro 3. Valores de las características antropométricas de los grupos. ....	160
Cuadro 4. Valores en media y desviación estándar de los test abdominal, agilidad y velocidad en 30 metros. ....	162
Cuadro 5. Valores de significancia de las pruebas abdominal y agilidad. ....	163
Cuadro 6. Registros del número de repeticiones en la prueba de abdominales 30 segundos de los grupos por edad.....	163
Cuadro 7. Registros de los tiempos empleados en la prueba de velocidad en 30 metros de los grupos por edad.....	164
Cuadro 8. Valores en media y desviación estándar valores del test de fuerza sobre 1 repetición máxima. ....	165
Cuadro 9. Valores de significancia de las pruebas fuerza muscular 1RM.....	166
Cuadro 10. Valores en media y desviación estándar test de dinamometría manual y miembros inferiores.....	167
Cuadro 11. Valores de significancia de las pruebas isometrías de manos y miembros inferiores. ....	168
Cuadro 12. Valores en media y desviación estándar de valores de las pruebas salto vertical (detente) y saltabilidad. ....	169
Cuadro 13. Valores de significancia de las pruebas salto vertical (detente) y saltabilidad.1	
Cuadro 14. Registros de la altura lograda en la prueba Detente por los grupos. ....	170
Cuadro 15. Valores en media y desviación estándar tiempos de la prueba eesprints en 30 metros. ....	171
Cuadro 16. Valores de significancia de la prueba esprint repetidos.....	171
Cuadro 17. Valores en media y desviación estándar del test de Wingate en 30 segundos.....	172
Cuadro 18. Valores de significancia de la prueba Wingate. ....	173
Cuadro 20. Valores de significancia de los valores de la frecuencia cardíaca. ....	174
Cuadro 21. Valores en media y desviación estándar de la velocidad alcanzada y	

consumo de oxígeno estimado en la prueba de course navette. ....	175
Cuadro 22. Valores de significancia de la prueba Course Navette.....	176
Cuadro 23. Registros de la velocidad alcanzada en la course navette por los grupos según la edad.....	176
Cuadro 24. Valores en medias y desviación estándar del test incremental en laboratorio.1	
Cuadro 25. Valores de significancia del test incremental. ....	177
Cuadro 26. Valores en media y desviación estándar del valor del vello púbico. ....	178
Cuadro 27. Valores de significancia del vello púbico. ....	179
Cuadro 28. Valores obtenidos por evaluación del vello púbico de los futbolistas en formación y comparados con sujetos de Sun y cols (2002). ....	179
Cuadro 29. Valores en media y desviación estándar mejor intento en la prueba sit and reach. ....	180
Cuadro 30. Valores de significancia de la prueba sit and reach.....	180
Cuadro 31. Registros de los grupos por edad obtenidos en la prueba sit and reach....	180

### Índice de abreviaturas

Cols:	Colaboradores.
Hz:	Hertz o hercio (unidad de frecuencia) Un hercio es la frecuencia de un suceso o fenómeno repetido una vez por segundo.
J/rev/kg:	Joule su símbolo es la letra J, se define como la cantidad de energía que se aplica al mover un objeto una distancia de un metro aplicándole una fuerza de un newton.
Kg/m <sup>2</sup> :	Cantidad de kilogramos por metro cuadrado de superficie corporal.
LED: (Del inglés <i>Light-Emitting Diode</i> ):	Diodo semiconductor que emite luz. Se utilizan como indicadores en muchos dispositivos, y con mucha frecuencia en iluminación.
Lpm:	Latidos por minuto.
ml/kg/min:	Unidad de expresión para el volumen de oxígeno por kilogramo de masa corporal por minuto.
mmol/l:	Soluciones en las que la concentración está expresada en moles por kilogramo de solvente.
VO <sub>2</sub> max:	Volume máximo de oxígeno que consume el organismo
VO <sub>2</sub> pico:	Representa el valor más alto del consumo de oxígeno como resultado de un test ergométrico de esfuerzo progresivo. Este valor no corresponde necesariamente al verdadero VO <sub>2</sub> máx del sujeto.
W/kg:	El vatio (en inglés: <i>watt</i> ) es la unidad de potencia. Es el equivalente a 1 julio sobre segundo (1 J/s). Expresión de la potencia por kilogramos de masa corporal erogada en una prueba anaeróbica.

## **INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es el deporte de equipo que más se juega en el mundo y también el más popular entre los espectadores, con un seguimiento de millones de aficionados incluyendo a Venezuela. Algunas investigaciones llevadas a cabo en jóvenes futbolistas destacan el papel de las habilidades como factor predictor del éxito competitivo, sin embargo los autores reconocen que el perfil fisiológico es determinante para la selección de talentos ya que el obtenido por cada jugador, con relación a valores promedios de un grupo edad y nivel de habilidad similar podría ser de utilidad para evaluar objetivamente los efectos de un programa de formación específico, Rösch y cols, (2000); Bunc y Psotta (2001).

Destacados autores en materia de fútbol han señalado que el rendimiento en este deporte depende de exigencias multifactoriales, siendo estas las que explican las diferencias individuales entre jugadores, Reilly y cols. (2000); Vaeyens y cols, (2006). La revisión y análisis de la literatura sobre las prestaciones empleadas por el futbolista determinan una contribución energética de esfuerzos anaeróbico-alactácido y en menor medida dependiente del anaeróbico láctico, otros señalan una contribución marginal de la resistencia aeróbica para la realización de sprints, Wisløff y cols. (2004); Pyne y cols, (2005).

En ese sentido las evaluaciones realizadas en futbolistas jóvenes se han enfocados en atributos antropométricos y fisiológicos según la edad, crecimiento, estado de maduración y capacidad funcional, Figuereido y cols, (2009). Siendo la edad biológica, la que está en correspondencia con la dinámica del desarrollo del cuerpo y es el criterio que orienta la capacidad de esfuerzo físico individual.

Para evaluar los factores antropométricos estatura, masa corporal y composición corporal, se han empleado diferentes métodos en la obtención del porcentaje de grasa y masa libre de grasa que pueden determinar el rol posicional más apropiada para cada jugador, Tahara y cols, (2006). Así mismo,

se considera que la madurez biológica influye en el rendimiento físico y en los resultados de las prueba de aptitud física aplicadas. Los niños más maduros físicamente pueden verse favorecidos en los resultados de las pruebas de aptitud física respecto a sus colegas de la misma edad cronológica, Jones y cols, (2000).

La comprensión de las bases del crecimiento y desarrollo en los niños y adolescentes se justifica por la cada vez mayor participación que tienen en el deporte de rendimiento. A la luz de los resultados expuestos anteriormente, por la ausencia de este tipo de estudio en Venezuela y que las existentes están enfocados al estudio del estado nutricional considerando las características antropométricas relacionadas con otros indicadores: ambientales, bioquímicos y físicos, proponemos el estudio de las cualidades físicas en futbolista en formación empleando una batería de pruebas físicas.

En ese sentido, se describe un volumen importante de estudios que sirven de base teórica para sustentarlo. Todos están apoyados en el trabajo de investigadores de renombre en el campo de la evaluación fisiológica infantil y juvenil abarcando aspectos como características antropométricas, protocolos de pruebas, cualidades físicas y lamaduración.

Las consideraciones enumeradas por Stølen y cols (2005) en cuanto al rendimiento del futbolista apuntan a describir que los factores de los que dependen son la técnica, elementos biomecánicos, la táctica, la respuesta mental y la fisiológica y para jugarlo se requiere un nivel razonable en cada uno. Actualmente, la tendencia es un entrenamiento más sistemático que influye en la selección de los perfiles antropométricos de los jugadores considerados de alto nivel. La mejora del rendimiento en el fútbol está centrada en la técnica y la táctica sobre la base de la buena forma física.

Los autores perfilan las acciones motrices en un partido de 90 minutos realizadas por los jugadores de elite de la siguiente manera: recorren una

distancia 10 kilómetros a una intensidad media del 80 al 90% de la frecuencia cardíaca máxima. Los despliegues se hacen a expensas de la resistencia, de actividades explosivas como los saltos, chutes, carreras y cambios de velocidad, con sostenimiento de contracciones enérgicas para favorecer el equilibrio y el control del balón.

Afirman que los mejores equipos desarrollan sus capacidades físicas, mientras los catalogados de menos cualificados reportan valores similares a los de hace 30 años. No se conoce información de equipos de divisiones inferiores que muestren capacidad aeróbica alta como los equipos profesionales, factor que juega probablemente un papel importante.

Gravina y cols (2008) coinciden en cuanto a los parámetros que consideran relevantes: antropométricos y fisiológicos, como: peso, talla, pliegues cutáneos, circunferencias, diámetro, consumo de oxígeno, sprint y saltos. Así mismo, Reilly y cols (2000) afirman que los requisitos para jugar al fútbol son multifactoriales, entre los que comprenden están el somatotipo, la composición corporal, la estatura, cualidades como velocidad, resistencia, habilidad técnica, y anticipación, son las características que distinguen a los jugadores de élite. Aseveran que la batería de pruebas empleada puede ser útil para crear datos de referencia de jugadores seleccionados en los programas de desarrollo especializados.

En cuanto al biotipo Viviani y cols (1993) reportaron diferencias significativas en cuanto al peso, pliegues cutáneos abdominal, tricípital, circunferencia de la pantorrilla, la densidad corporal, estatura, diámetro bicondíleo del húmero, índice ponderal, bajo peso al nacer y los componentes del somatotipo. Sugieren que el joven futbolista presenta un morfotipo adaptado para el fútbol, por tanto es posible inferir que es necesario para un buen rendimiento.

En el aspecto funcional se ha estimado el rendimiento a partir de parámetros como: potencia aeróbica máxima, potencia anaeróbica, capacidad de amortiguación y fuerza muscular, (Ekblom, 1986).

El tipo de actividad que desarrolla el jugador es motivo de estudio para conocer la influencia que puede generar en el rendimiento. Las estimaciones realizadas describen que el 70 por ciento del juego se realiza a baja intensidad y la frecuencia cardíaca indica que el consumo máximo de oxígeno es de alrededor del 70% del máximo. Las diferencias encontradas entre jugadores deben tenerse en cuenta al momento de la planificación del entrenamiento, (Bangsbo y cols 2006).

La posición del jugador ha permitido conocer la importancia de ejecutar la actividad de alta intensidad para el éxito general del equipo creyéndose que es determinante en los equipos considerados elite, (Di Salvo y cols 2009). De la misma manera, la actividad de alta intensidad que se realiza con y sin posesión del balón tiende a variar el patrón de fatiga según la posición, (Bradley y cols 2009).

Williams (2000) reconoce la percepción entre los componentes clave de la habilidad en el juego de fútbol, y que se debe explorar sus efectos para la identificación y desarrollo de talentos pues tiene implicaciones para el perfeccionamiento de programas de entrenamiento de percepción del potencial en futbolistas de elite.

Como el uso de implemento de juego, Reilly (2005) destacó el valor de realizar ejercicio con balón siempre que sea posible y con grupos pequeños. Para el autor los juegos son especialmente ventajosos en los jugadores jóvenes por considerarse un medio adecuado orientado al desarrollo de las habilidades.

En términos de maduración el estudio de los componentes antropométricos como la estatura y la masa corporal son los indicadores que han permitido explicar la varianza del nivel de desarrollo así, el estado de madurez biológica influye significativamente en la capacidad funcional de los jugadores de fútbol adolescentes 13-15 años de edad, (Malina 2004). El uso del nivel de maduración sexual, mediante la autoevaluación, en lugar de la edad cronológica ha sido una limitante en la investigación del comportamiento y de desarrollo Duke (1980) lo que ha permitido el desarrollo y validación de técnicas de evaluación consideradas no invasivas.

El estado de madurez biológica influye significativamente en la capacidad funcional de jugadores de fútbol adolescentes 13-15 años de edad, Malina y cols (2004) y su relación con el tiempo de juego y el dedicado al entrenamiento son factores que predicen significativamente las lesiones en los jugadores entre los 9 y 16 años de edad, (Malina 2010) y en la posibilidad de detectar posibles trastornos de la pubertad, (Ghaly y cols 2008). La madurez sexual tiene una gran influencia en la estimación de la aptitud física en niños, por lo tanto al evaluarla se ha de considerar la influencia de la madurez biológica, Jone y cols (2000).

Figueredo y cols (2009) afirman que La variación biológica en cuanto a la estatura y su relación con la madurez,son similares en población de jóvenes independiente de su condición de jugador o si es considerado como población normal, sin embargo no encontró relación similar en las capacidades físicas de jóvenes futbolistas.La evaluación del físico en jóvenes incluye el estado de maduración. En la actualidad de dispone de metodologías de auto-aplicación.Bonat y cols (2002) afirman que las puntuaciones registradas de Tanner es similar a los encontrados en exámenes reales.

La autoevaluación de los caracteres sexuales depende de la edad y la distribución del vello púbico, y resulta un buen indicador, (Varona 1988).Chan y cols (2008) confirman la validez del cuestionario de autoevaluación puberal de

Tanner para estimar con fiabilidad el estado de maduración sexual en los niños. No muestra diferencias significativas entre la clasificación médica y la etapa efectiva de maduración sexual, Williams y cols (1988) y se reconoce su utilidad para la investigación en personas con edades entre 9 y 17 años, Duke y cols (1980).

La relación de los signos de madurez sexual y las características antropométricas orienta las diferencias entre la edad cronológica y la maduración biológica, (Veldre y Jürimäe 2004). En jugadores de fútbol con edades entre 11 y 14 años la variación en la estatura está relacionada con la madurez y es similar a la población en general, pero no se diferencian en cuanto a las capacidades funcionales y habilidades específicas, (Figueiredo y cols 2009).

La aptitud física o condición física puede estimarse mediante el empleo de pruebas o test físicos generales. Las pruebas físicas constituyen procedimientos científicos rutinarios, que permiten examinar una o varias características aislables empíricamente y definidas teóricamente. Su aplicación se enfoca en el conocimiento del nivel de la capacidad individual, general y específica, a partir de la cuantificación de señales biológicas, físicas y psicológicas. Son procedimientos adecuados para el diagnóstico aproximado de medición del desarrollo de las capacidades fundamentalmente en el entrenamiento infantil.

En el fútbol el empleo de pruebas específicas para evaluar el rendimiento se ha extendido por su sencillez en la aplicación, validez y bajo costo. Estas pruebas incluyen: la distancia alcanzada al chutear el balón, el esprint de 10 metros, el desplazamiento en zigzag con y sin balón y el índice de habilidad, (Mirkov y cols 2008). Durante el entrenamiento físico las pruebas físicas pasan a ser instrumentos que permiten conocer la evolución de los jugadores en cuanto su formación y calidad individual para el desempeño físico. También, sirve para orientar el proceso de selección de jugadores con mejor disposición orgánica al esfuerzo físico motor.

El proceso de selección de los más talentosos puede hacerse más eficiente si se considera de antemano qué se evaluará, por qué y para qué. En la literatura especializada existen diferentes modelos para orientar el proceso de evaluación de las cualidades físicas de jugadores jóvenes, la generalidad de estos modelos están orientados a la identificación y selección del talentoso. Estas propuestas presentan criterios centrados en la evaluación de componentes antropométricos, fisiológicos, funcionales y específicos relevantes para el rendimiento físico del futbolista.

La identificación de las mejores condiciones para jugar un deporte determinado le permite a todo entrenador seleccionar a los que destacan sobre la base de sus habilidades, (Pienaar y cols 1998). Estas habilidades pueden valorarse mediante el empleo de pruebas físico-motoras y de antropometría. De la misma manera, se establece un análisis discriminante para establecer las variables predictivas del talento.

El uso de pruebas físicas para evaluar el rendimiento del futbolista se fundamenta en la correlación positiva respecto al rendimiento del juego, (Wisløff y cols 1998). Hoare y Warr (2000) señalan que la evaluación de potenciales futbolistas se fundamenta en elementos antropométricos, fisiológicos y de habilidad y el procedimiento aplicado mejora cuando se emplean herramientas objetivas.

La evaluación física de futbolistas durante la etapa puberal es influenciada por las diferencias individuales como el crecimiento, rendimiento de las capacidades funcionales y el dominio técnico. Malina y cols (2005) proponen la experiencia, la estatura, el nivel de maduración y la habilidad específica como los componentes a considerar en un programa de evaluación. Encontraron que la edad, la estatura y la etapa puberal contribuyen significativamente en algunas de las pruebas de habilidad.

En la determinación de las relaciones entre las características físicas y de rendimiento y el nivel de habilidad en los jugadores de fútbol jóvenes de 12 a 16 años catalogados de subélite y no de élite, Vaeyens y cols (2006) valoraron los componentes antropométricos: estatura, masa corporal, circunferencias del brazo extendido y contraído, muslo medio y la máxima pantorrilla y dos diámetros del húmero y fémur; pliegues cutáneos, nivel de maduración mediante estimación de la maduración del esqueleto realizada por el método TW2, parámetros funcionales con la batería EUROFIT y específicos: el pase combinado con chute al balón, prueba de precisión y una prueba de malabarismo con balón.

Así mismo confirman que las características que discriminan a los jugadores de fútbol jóvenes varían por grupo de edad. Las propuestas de modelos para identificar talentos debe ser dinámica, proporcionar oportunidades para el cambio de parámetros en un contexto de desarrollo a largo plazo, así como para obtener información dirigida a establecer el desarrollo de estrategias para el entrenamiento, (Castagna y cols 2003).

Castagna y cols (2003) coincide en apuntar que el éxito en un deporte como el fútbol dependerá de cómo se integren las características individuales con el equipo para generar un sistema de juego coherente. Así mismo, ratifica que la identificación de las debilidades individuales permite tomar correcciones a preparadores y entrenadores. Como quiera que existe múltiples propuestas de evaluación lo importante es resaltar que la mayoría de éstas sugieren criterios para la evaluación que son susceptibles de alcanzar mediante procedimientos sencillos, pero con una alta validez, confiabilidad y especificidad, (Marcovic 2007).

En Venezuela el fútbol ha repuntado entre los deportes que cuentan con un número importante de seguidores de todas las edades, puede equiparse al interés tradicional que siente por el beisbol o el baloncesto, logrando una influencia importante en las tres regiones del país. La liga de fútbol venezolana cuenta con

dieciocho equipos distribuidos en los estados occidentales andinos y llaneros, centrales que incluye la capital y la oriental. Todos los equipos cuentan con jugadores de diferentes niveles, estructurados por categorías de edad, desde los que ocupan la plantilla del equipo de primera división hasta los pertenecientes a sus escuelas de formación.

De la misma manera, estos jugadores conforman las diferentes selecciones estatales y nacionales que participan en torneos suramericanos, panamericanos y hasta las categorías sub 20 se ha participado en torneos mundiales. Aún cuando se observa que el fútbol venezolano tiene gran capacidad para la movilización de aficionados, jugadores y medios de comunicación, los resultados obtenidos en el ámbito internacional no reflejan el progreso que se ha logrado internamente.

Las razones que puedan explicar este comportamiento son de diferente índole, unas corresponden a decisiones del organismo de alto nivel ejecutivo encargado de dictar las directrices que regula el deporte de rendimiento, siendo el alcance de función la colaboración con las actividades de alto rendimiento; evaluar y regular las entidades deportivas. La otra entidad encargada de su ejecución es responsable de la ejecución de la actividad futbolística nacional y tiene como función explícita vigilar la participación de niños y adolescentes en términos de edad, condiciones sociales y especiales, exigencias somáticas, escolaridad, descanso, esparcimiento e igualdad.

En ambos casos no se observa el interés por el cabal cumplimiento de estas funciones que involucran el deporte de rendimiento. Por ello, se observan debilidades referidas en el proceso de estructuración de las categorías para la clasificación de los jugadores que se caracterizan por:

- Ausencia de criterios científicos que orienten el proceso de selección fundamentados en las características físicas y de madurez de los jugadores.

- Desconocimiento del potencial fisiológico real de esfuerzo físico de los jugadores para orientar el entrenamiento físico de acuerdo con su desarrollo.
- Los criterios de selección de jugadores están basados predominantemente en el dominio de los elementos técnicos y tácticos del juego.
- Ausencia de controles fisiológicos en los períodos de entrenamientos.
- De la misma manera, no se ha procurado un marco referencial propio y actualizado como resultado de evaluación de la condición física previa, a partir de las características físicas-motoras de los atletas que forman parte de dicha escuela, que permita constatar el alcance de los objetivos propuestos.

Es por ello, que esta propuesta de trabajo se diseñó con la intención de dar respuesta a dos de los aspectos determinantes con relación al criterio de selección de jugadores por una parte conocer las características físicas del futbolista venezolano en términos de las cualidades físicas influenciadas por la maduración y establecer un conjunto de baremos que coadyuve a orientar el proceso de formación de jugadores que incluya niños y adolescentes.

## **1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

### **1.1.1 CAPACIDADES FÍSICAS Y FÚTBOL**

Han sido extensos los estudios llevados a cabo para conocer las características fisiológicas del fútbol y del jugador. Entre los estudios desarrollados destacan el desarrollo de la fatiga y los posibles mecanismos fisiológicos que la causan en las distintas fases del juego; aspectos fisiológicos del desempeño y entrenamiento del árbitro comparado con jugadores; importancia del perfil de actividad y la carga física durante un partido de fútbol femenino de élite; comparaciones del patrón de desplazamiento en un partido de fútbol empleando el sistema de posicionamiento global, estudio de los perfiles de la actividad de alta intensidad que realiza el jugador; comparar el patrón de desplazamiento, la frecuencia cardíaca y el desarrollo de la fatiga de jugadoras élite.

Con población de menor edad las investigaciones se han centrado en conocer el desarrollo de la fuerza muscular en relación con el nivel de formación y de testosterona en los jóvenes jugadores de fútbol masculino; implicaciones de las habilidades perceptivas para la identificación de talentos y desarrollo en el fútbol. Las demandas fisiológicas del juego han sido descritas por diferentes autores con pocas diferencias coinciden muchos aspectos en los análisis realizados.

Al respecto Ekblom (1986) señala que el fútbol demanda un esfuerzo intermitente de alta intensidad. La distancia cubierta por los jugadores es de 10 kilómetros de los 8 a 18% es realizado a máxima velocidad. El rendimiento aeróbico es del 80% del máximo individual. La concentración promedio de lactato sanguíneo alcanza entre 7 a 8 mmol/l. Las exigencias elevadas provocan en el jugador un vaciado de las reservas de glucógeno muscular cuando concluye el partido, presenta una condición de hipohidratación con temperatura corporal elevada. La potencia aeróbica máxima de alrededor de 60 a 65 ml/kg/min, por

encima de una potencia media alactácida anaeróbica, presenta alta capacidad de amortiguación y fuerza muscular, sin embargo tienen menor flexibilidad que los no entrenados.

Bangsbo (1994) analizó las actividades realizadas durante algunos partidos de fútbol y notó que el jugador de primera categoría cubre una distancia promedio de 11 kilómetros y está relacionada con la posición en el equipo. Los centrocampistas se desplazan a menor velocidad que los defensores y delanteros, no hay diferencia al comparar la distancia recorrida a alta velocidad siendo la misma al inicio y final del partido. La distancia total recorrida durante un partido hasta cierto punto es sólo una medida de las demandas fisiológicas que afronta el jugador. Además corre salta, acelera y gira.

Una evaluación más precisa del total de la energía empleada en un partido se puede lograr mediante estimaciones fisiológicas en partidos de fútbol. Bangsbo (1994b) establece la tasa de trabajo media durante un partido de fútbol, según estimaciones hechas con la frecuencia cardíaca equivalente al 70% del máximo consumo de oxígeno. La producción de energía es aproximadamente unas 1360 kilocalorías en un jugador de 75 kilogramos de masa corporal y un consumo de oxígeno de 60 ml/kg/ min.

La producción de energía aeróbica corresponde al 90 % del consumo total y la contribución de energía anaeróbica es determinante durante los partidos de fútbol. Se utilizan el fosfato de creatina y en menor medida el trifosfato de adenosina almacenados durante los períodos de ejercicio intenso. Ambos son parcialmente restaurados durante un período de descanso prolongado.

En cuanto a la concentración de lactato tomadas posterior al partido mostró un promedio de 9,3 milimol/l y en algunos casos se excedió los 10 milimol/l. Otros compuestos elevados en la sangre encontrados después del partido fueron los derivados por degradación de adenosin difosfato amoníaco/amonio, hipoxantina

y ácido úrico. El glucógeno muscular parece ser el sustrato más importante para la producción de energía. Sin embargo, los triglicéridos, ácidos grasos libres y la glucosa en sangre también se utilizan como sustratos para el metabolismo oxidativo.

Bangsbo y cols (2006) coinciden en señalar que el esfuerzo realizado por los jugadores es intermitente. El setenta por ciento del esfuerzo que realizan es de baja intensidad, el consumo máximo de oxígeno es de alrededor de 70% del máximo, de acuerdo a estimaciones hechas sobre la base de la frecuencia cardíaca promedio en jugadores élite. Se han cuantificado alrededor de 150 a 250 acciones de corta duración y alta intensidad realizada por un jugador en un partido. Entre los sustratos para la producción de energía, la disminución del glucógeno muscular en las fibras musculares, estuvo relacionado con la fatiga hacia el final de un juego, los ácidos grasos libres en sangre aumentaron progresivamente como compensación a la progresiva disminución de glucógeno.

También se produce fatiga temporalmente, pero aún no está clara la causa de la reducción de la capacidad para realizar esfuerzo al máximo. Existen diferencias individuales importantes en las exigencias físicas de los jugadores relacionadas con la capacidad física y la función táctica en el equipo. Estas diferencias deben tenerse en cuenta al planificar el entrenamiento, incluídas las estrategias nutricionales de los mejores jugadores que requieren un consumo energético importante.

El interés por conocer el rendimiento físico del jugador incluye la evaluación del impacto del programa de entrenamiento. Para conocer la influencia de éste sobre la capacidad física, Christou y cols (2006) sometieron a 18 de futbolistas entre los 12 y 15 años, divididos en dos grupos SOC (solo entrenaron fútbol) n=9 y STR (entrenaron fuerza) n=9 y un grupo control n=8 de similar edad, a una batería de pruebas que consistían en la determinación de la fuerza máxima de miembros superiores e inferiores mediante una repetición

máxima, potencia de salto con contramovimiento y saltos repetidos en 30 segundos, velocidad de carrera en 30 metros, 10 repeticiones x 5 metros y flexibilidad de la cadera con el test sit and reach, medidas antes y después de 8 semanas de un período de entrenamiento.

Todos los integrantes siguieron un programa de entrenamiento de fútbol 5 veces por semana con el propósito de desarrollar habilidades técnicas y tácticas. Adicional al entrenamiento los jugadores del grupo STR participaron en un programa de entrenamiento de fuerza dos veces por semana durante 16 semanas, conformado por 10 ejercicios, de 2 a 3 series de 8 a 15 repeticiones con una carga del 55-80% de la repetición máxima (1RM). Después de 16 semanas de entrenamiento, la fuerza máxima de piernas, velocidad 10x5 metros y el rendimiento en técnica de fútbol fueron más altos ( $p < 0,05$ ) en los grupos STR y SOC que para el grupo control. El grupo STR superó significativamente ( $p < 0,05$ ) al grupo SOC y control en las pruebas de fuerza de una repetición máxima en press de banca y piernas, *squat jump* (salto exclusivo de trabajo muscular concéntrico positivo), salto de altura en contra movimiento y los 30 metros de velocidad.

Estos resultados muestran que el entrenamiento de fútbol mejora solo la fuerza a nivel superior a lo normal del tren inferior y en agilidad. El entrenamiento de la fuerza-resistencia mejora la fuerza máxima superior e inferior del cuerpo, la altura del salto vertical y la velocidad en 30 metros. El trabajo combinado puede ser utilizado para el desarrollo general de las capacidades físicas de jugadores de corta edad.

Di Salvo y cols (2009) analizaron los esfuerzos de alta intensidad realizados por jugadores de la liga premier de fútbol. Incluían tipo y cantidad de carreras de fondo y total de carreras en esprint con posesión y sin posesión del balón. Del análisis concluyen que el éxito de los equipos estaba relacionado con su posición en el juego y las distancia que recorren sus jugadores entre la

máxima y mínima el mediocampista recorre 1.049+/-106 metros, los defensas cubrieron 681+/-128 metros.

La distancia promedio de acuerdo al lugar que ocupan los equipos fueron 919-128 metros para los cinco clasificados al final; los diez que ocupan la parte central 917-143 metros y 885-113 metros significativamente superior para los cinco primeros equipos. Los resultados del presente estudio indican que la actividad de alta intensidad en el partido de fútbol de elite es influenciada por la posición de juego y la actividad previas al juego.

El empleo del procedimiento alométrico tiene importancia para determinar la diferencia en la capacidad aeróbica de los futbolistas jóvenes y adultos de élite, aumenta en proporción con la masa corporal elevado a la potencia de 0,72 y 0,60. Chamari y cols (2005) consideran que al comparar el consumo máximo de oxígeno entre futbolistas juveniles con adultos se subestima, mientras la economía de carrera es sobreestimada si se expresa tradicionalmente como ml/lbm/min.

Después de analizar las exigencias del juego, mediante modelos de acciones, movimientos de cada jugador de 11 años de edad durante varios partidos y en campo normal de fútbol, Castagna y cols (2003) las describe como sigue:

Distancia media recorrida	6.175 + / - 318 m (5,5% menos en el segundo tiempo, p> 0,05)
Velocidad de desplazamiento	13,1 y 18,0 km(12% menos durante el segundo período, p <0,05)
Tiempo jugado	3.789 +/- 109 segundos
Velocidad, número de acciones y duración promedios con oposición	18 km 33+/- 4 acciones 2,3 +/- 0,6 segundos
Ofensiva en esprint	118,5 +/- 20,5 segundos.
Desarrollo del juego	En área pequeña invierte 9% del tiempo total a intensidad alta

En ese mismo orden de ideas Strøyer y cols (2004) se centraron en comparar las demandas aeróbicas y en el patrón de actividad de futbolistas

respecto al nivel de la competencia, la edad y la madurez biológica. Los registros tomados durante partido correspondieron al consumo de oxígeno mediante pruebas submáximas y máximas en el laboratorio, frecuencia cardíaca y madurez entre jugadores con nivel no elite y elite. Los datos registrados se muestran a continuación:

Componente evaluado	No elite	Elite
Consumo de oxígeno ml/kg/min	58,7 +/- 5,3 vs 58,6 +/- 5,0	63,7 +/- 8,5
Frecuencia cardíaca (lpm)	162 (1er tiempo) 157 (2º tiempo)	177/174 (1er tiempo) 178/173 (2º tiempo)

Destacan que los futbolistas jóvenes son especializados, en función del nivel de juego y la posición en el terreno.

Con jugadores de segunda división de fútbol español Randers y cols (2010) registraron mediante el empleo de tecnología de posicionamiento global y sistema con cámaras de vídeo los siguientes datos del juego:

Distancia total del juego	10,83 +/- 0,77 km (total)	
Cámara semi automática	9,51 +/- 0,74 km	
Análisis de movimiento vídeo	10,72 +/- 0,70 km (gps 1)	9,52 +/- 0,89 km (gps 2)
Distancia recorrida con carrera de alta intensidad.	2,65 +/- 0,53 km (total)	
	1,61 +/- 0,37 km (gps 1)	1,66 +/- 0,44 km (gps 2)
Distancia cubierta en esprint	0,38 +/- 0,18 km	
Con sistema de múltiples cámaras semiautomático	0,42 +/- 0,17 km (total)	
	0,37 +/- 0,19 km (gps 1)	0,23 +/- 0,16 km (gps 1)

Bangsbo y cols (1991) estimaron la distancia media cubierta durante los partidos en 10,8 kilómetros, con diferencia media individual de 0,92 km, sin diferencia en cuanto a las actividades de alta intensidad. Los Centrocampistas recorrieron un 10% adicional ( $p < 0,05$ ) de distancia (11,4 km) que los defensores

y delanteros, sin diferencia en cuanto a intensidad alta. La diferencia entre el resto de los jugadores y los centrocampistas puede deberse a que la posición de estos últimos implica recorrer mayor distancia o que los jugadores seleccionados para el medio campo dispongan de un nivel más alto de condición física.

Los valores tomados durante el primer y segundo periodo de un juego muestran a los delanteros como los jugadores que realizan más contactos del balón con la cabeza, mientras los jugadores defensas realizan el mayor número de *tackling* (acción que consiste en oponerse al avance del jugador rival que conducen el balón).

### **1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL FÚTBOL**

En 1986 Ekblom describe las características de la exigencia fisiológica del fútbol y lo define como una actividad intermitente y de alta intensidad en la que el jugador recorre aproximadamente 10 kilómetros, siendo el 18 % cubierta a mayor velocidad, la concentración de lactato puede alcanzar valores entre 7 y 8 mmol/l. Por su parte, Mangine y cols (1990) desarrollaron un perfil fisiológico del futbolista de elite centrado en la flexibilidad, composición corporal, potencia anaeróbica y la fuerza muscular. Afirman que la determinación del perfil proporcionará las normas y bases de referencias para los instructores entrenadores, jugadores y futuras investigaciones.

Bangsbo (1994) refiere que el jugador alcanza valores de frecuencias cardíacas equivalentes al 70% del consumo máximo de oxígeno y la concentración promedio de lactato en sangre entre 3 y 9 mmol/l, destaca que el sistema anaeróbico predomina en un partido.

En 1994 Chin y cols afirman que los datos sobre características fisiológicas de futbolistas juveniles asiáticos son escasos. Proponen evaluar la capacidad aeróbica y fuerza muscular isocinética de jugadores de elite.

Recomiendan que mejorar el desequilibrio muscular para aumentar la velocidad de los músculos flexores de la rodilla a partir de los programas de entrenamiento.

Inbar y Bar-Or (1986) advierten sobre la exigua información publicada sobre los efectos del crecimiento, desarrollo y maduración de la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad y a corto plazo. Afirman que los estudios transversales con hombres y mujeres de origen europeo, africano y americano apuntan a una evolución relacionada con la edad en la realización de pruebas anaeróbicas.

En 1993 Viviani y cols señalaban la poca disponibilidad de datos morfológicos para jugadores adolescentes de fútbol una carencia que podría afectar a los jóvenes en edad de selección de talentos. Williams (1997) menciona un factor interviniente relacionado con las diferencias musculares desde el punto de vista cualitativo en lugar de aspectos como la cantidad de músculo. Wong y Wong (2009) destacan que las características fisiológicas de jugadores asiáticos de fútbol juvenil permiten diseñar programas de formación basados en sus propias características y plantear una táctica de juego apropiado. Siendo el fútbol el deporte más jugado en el ámbito mundial, Fernández y cols (2010) siguen afirmando que los estudios con jugadores jóvenes y la relación con los elementos de éxito son escasos.

El establecimiento de la correspondencia entre las pruebas para evaluar la aptitud física realizadas en el laboratorio y el terreno determina cuales reúnen las condiciones óptimas en su aplicación para cuantificar determinada cualidad del jugador, (Chamari y cols 2004). Reilly en 2005 señaló que estudiar los aspectos del juego bajo condiciones de laboratorio, ofrece ventajas especiales para los jugadores jóvenes al presentarse un estímulo de entrenamiento fisiológico y es adecuado para desarrollar habilidades

Kahl y cols (2007) propusieron establecer comparaciones entre niños en cuanto a la edad en la que se da inicio a las diferencias en la maduración. Otros autores recomiendan relacionar los cambios en la pubertad con los componentes de la aptitud física y la maduración, Kanbur (2005), así como reportaron que el factor asociado al bajo nivel de flexibilidad fue el crecimiento Feldman y cols, (1999). Evaluar la contribución de una cualidad física sobre los otros componentes de la aptitud física, Holt y cols (1999). La utilidad del índice de masa corporal y su relación con el nivel de maduración en adolescentes venezolanos mejora su sensibilidad si se consideran elementos como la raza, género y grado de desarrollo puberal Guerrero y Sánchez (2009).

De sus hallazgos Wirth y cols (1978) afirmaron que la estimación del consumo máximo de oxígeno sugiere que un determinado porcentaje del consumo máximo como indicador de referencia es más confiable que la frecuencia cardíaca entre sujetos con diferentes edades. En pro de mejorar la estructura del entrenamiento como lo señala Hoff (2005). La tendencia en la actualidad de evaluaciones ergométricas se enfoca en el control concomitante de la carga las demandas del juego, la respuesta fisiológicas del jugador.

La velocidad es muy importante en el futbolista, (kaplat 2010) y debe haber un desplazamiento de los jugadores en todas las posiciones. Este estudio reveló que los jugadores de defensa, los centrocampistas y delanteros mantuvieron cinco esprints repetidos, durante el partido. Para los porteros, no se encontró ninguna diferencia en los esprints repetidos. Se consideró que en la elección o la transferencia de jugadores, los entrenadores deberían tener en cuenta sus capacidades de velocidad.

Para Malina y cols (2004) el perfil físico y fisiológico del jugador adolescente está relacionado con factores como la experiencia, la estatura y el estado de madurez. Por su parte Siegler y cols (2006) estableció diferencias fisiológicas entre los jugadores de élite y los que no conforma este selecto grupo.

La fuerza, fundamentalmente en movimientos isocinéticos rápidos guarda relación con el rendimiento óptimo. La potencia anaeróbica tiende al perfil en los esprinters, en el portero y defensas centrales, mientras que la capacidad anaeróbica parece tener mayor éxito en otras posiciones.

Es probable que los principales factores que deciden los ritmos de movimientos, con apoyo en el desarrollo de la fuerza muscular, coordinación motora y los mecanismos para transporte de oxígeno, además de la toma de decisión, sean la clave en el fútbol, Ekblom (2003). Los nuevos desarrollos en la comprensión de los procesos de adaptación del sistema circulatorio y neuromuscular al entrenamiento han dado lugar a más intervenciones de entrenamiento eficiente, Hoff y Helgerud (2004).

Señalan los autores que las características de las sesiones son descritas para la resistencia como entrenamiento de intervalo con intensidad entre 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima en períodos de 3 a 8 minutos para mejoras del rendimiento en el juego. El entrenamiento de fuerza consiste en altas cargas, pocas repeticiones y la movilización de la fuerza máxima concéntrica dirigido al desarrollo de la fuerza y los parámetros relacionados.

Svensson y Drust (2005) exponen los criterios al llevar a cabo la evaluación de campo y laboratorio para describir las cualidades físicas necesarias para jugar al fútbol y que le permita al jugador conocer las exigencias fisiológicas del juego. Afirmaron que los resultados exactos de las prueba se obtienen por el empleo de metodología completa y equipos confiables y que los resultados se utilizan para monitorear los cambios en la aptitud de los jugadores de manera que se oriente la prescripción del entrenamiento.

La figura 1 muestra los parámetros fisiológicos evaluados en futbolistas durante pruebas de campo y laboratorio, Hoff y cols (2002).

	Laboratory max test	Dribbling track	Small group play
Fc (beats/min)	198,3 (7,9)	185,5 (6,7)	181,0 (4,4)*
VO <sub>2</sub> (litres/min)	5,22 (0,68)	4,74 (0,53)	4,42 (0,61)
VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	67,8 (7,6)	62,2 (5,0)	57,3 (3,9)
VO <sub>2</sub> (ml/0,75 kg/min)	200,4 (19,4)	181,8 (10,5)	171,8 (10,0)
Than (ml/kg/min)	50,9		
Than (ml/0.75 kg/min)	150,4 (7,7)		
Than (beats/min)	178,3 (8,8)		
R (VCO <sub>2</sub> /VO <sub>2</sub> )	1,16 (0,07)	0,99 (0,07)	0,94 (0,07)
VE (litres/min)	174,6 (20,7)	138,7 (21,3)	132,0 (15,3)
Fb (breaths/min)	55,8 (6,4)	49,6 (2,8)	48,8 (7,2)

VO<sub>2</sub>max, maximal oxygen uptake; fcm<sub>ax</sub>, maximal heart rate; fb<sub>max</sub>, maximal breathing frequency; VE, ventilation, R respiratory exchange ratio; VCO<sub>2</sub>, carbon dioxide output; VO<sub>2</sub> oxygen uptake; Than anaerobic threshold.  
 Data are mean (SD).  
 \*Significantly different from value obtained on dribbling track, p<0.05. all and soccer are significantly different from the laboratory max test.

Figura 1. Valores de parámetros fisiológicos cardiovasculares y respiratorios. Hoff J, Wisløff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. (2002)

Por su parte McMillan y cols (2005) incluyeron otras pruebas para evaluar la diferencia en dos fases denominadas antes del entrenamiento y después del entrenamiento, ver figura 2.

Pre- and post-training intervention physiological results (n=11)		
	Pre-trainnig	Post-trainnig
Body mass	70,6 (8,1)	70,2 (8,2)
VO <sub>2</sub> max l/min <sup>1</sup>	4,5 (0,37)	4,87 (0,45)**
VO <sub>2</sub> max ml/kg/min	63,4 (5,6)	69,8 (6,6)**
VO <sub>2</sub> max ml kg <sup>-0,75</sup> min <sup>-1</sup>	183,3 (13,2)	201,5 (16,2)**
C <sub>R</sub> (9 km/h, 5,5% inclination)		
ml kg <sup>-0,75</sup> /min	0,85 (0,06)	
Hf (beats/min)	162 (14)	154*
Strength		
1 RM half squat (kg)	-	129,1 (11,4)
Relative strength (kg kg/(bm)	-	1,85 (0,12)
Relative strength (kg kg/(bm <sup>-0,67</sup> )	-	7,49 (0,39)

Figura 2. Componentes evaluados antes y después del período de entrenamiento.

McMillan K, Helgerud J, Macdonald R, and J Hoff. (2005).

Continuación de la figura 2.

Esprint test 10 m (s)	1,96 (0,07)	1,96 (0,06)
Force platform tests (N s <sup>-1</sup> )	3553 (1492)	3654 (1487)
SJ (cm)	37,7 (6,2)	40,3 (6,1)*
CMJ (cm)	52,0 (4)	53,4 (4,2)*

\*p<0,05, \*\*<p0,0001, significantly from pre-intervention value

### 1.1.3 BATERÍA DE PRUEBAS FÍSICAS PARA EVALUAR AL FUTBOLISTA

Las pruebas físicas o test son herramientas que permiten conocer la evolución de los sujetos en cuanto su aprendizaje y calidad individual para el desempeño físico. Igualmente, el uso de las pruebas, permite obtener una serie de conclusiones de gran utilidad entre las que están:

- Fijar los niveles de calidad para cada etapa de formación.
- Establecer criterios de selección.
- Hacer objetivo el nivel de calidad global de cada jugador.
- La aplicación de las pruebas debe hacerse tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:
  - Realizarlas en terreno seco y liso, preferiblemente un terreno de juego.
  - Condiciones climatológicas favorables para evitar interferencia en su desarrollo.
  - Se recomienda su aplicación por parte de personal especializado.
  - Se aconseja realizar dos evaluaciones al año.

Al respecto de la evaluación del futbolista señala Ekblom (2003): “durante un partido de fútbol es difícil aislar y evaluar el rendimiento físico. Sin embargo, los factores físicos más importantes que influyen en el rendimiento deportivo de un jugador pueden evaluarse fuera de una situación de juego usando test de control específicos para el fútbol. El fin último de usar un test de rendimiento

físico es obtener la información que puede utilizarse para mejorar el rendimiento deportivo general de un jugador.”

La batería de pruebas físicas a realizar debe contener un propósito, entre las razones para su aplicación están que:

- Sirven para diseñar el perfil físico individual. Con el fin de identificar debilidades y fortalezas del jugador.
- Se evalúa objetivamente el efecto de un programa de entrenamiento específico. Cuantificar los cambios del rendimiento físico como resultados del entrenamiento efectuado permite conocer la evolución orgánica frente al esfuerzo.
- Se mantiene un seguimiento del progreso durante la rehabilitación. Permite conocer cómo responde al tratamiento un jugador lesionado e indica cuando está listo para volver al juego.
- Seguimiento del estado de salud de un jugador. Mediante señales biológicas como la frecuencia cardiaca y otras respuestas fisiológicas al ejercicio submáximo estandarizado.
- Contribuye con la investigación científica. Avanzar en la investigación científica al respecto permite comprender las limitaciones físicas del rendimiento durante el partido.

#### **1.1.4 PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO**

Para algunos deportes es aconsejable realizar evaluaciones de los parámetros determinantes a través de pruebas que se realizan en el campo, porque sitúa al jugador en condición simulada de juego, lo que garantiza resultados validos del esfuerzo realizado. Las pruebas de laboratorio tienen la ventaja del control de las variables que pueden afectar el rendimiento general, por tanto, son muy confiables para la estimación de las cualidades físicas. En conclusión, ambas metodologías son necesarias dada la complementariedad de la información obtenida.

Son muchos los protocolos de pruebas que actualmente existen para evaluar la aptitud física del futbolista en el campo y laboratorio, (Chamari y cols 2004, Chamari y cols 2005, Spencer y cols 2005, Aziz y cols 2007, Castagna y cols 2007). Estos abordan aspectos importantes como la medición de la fuerza y la potencia muscular; potencial de energía aeróbica y anaeróbica; la flexibilidad, agilidad y la composición corporal. De ellas se pueden obtener señales y/o medidas biomecánicas: distancia, masa y tiempo; cardiológicas, frecuencia cardiaca, presión arterial; ergoespirométricas, consumo de oxígeno, cociente respiratorio, pulso de oxígeno, eficiencia energética; lactato sanguíneo y sensaciones psicológicas. La ventaja que presentan estas pruebas son la estandarización, objetividad y aplicación de los resultados para el entrenamiento físico.

La valoración de la función aeróbica puede llevarse a cabo mediante el empleo de la ergometría, (Franz y Mellerowicz 1982) con relación a otros parámetros en futbolistas, (Aziz y cols 2000, Meckel y cols 2009, da Silva y cols 2010). Las pruebas físicas destinadas a estimar la potencia anaeróbica se orientan a la estimación de energía invertida durante un esfuerzo de corta duración y alta intensidad. También se emplean para la evaluación del rendimiento anaeróbico saltos, (Bolglia y Keskula 1997, Ostenberg 1998, Sayers y cols 1999, Toumi y cols 2004, Young 2006, Lara y cols 2006, Hamilton 2008; carreras, Bundle y cols 2003, Knoepfli y cols 2004, Billat y cols 2009 y pedaleadas en cicloergómetros, Harmer y cols 2000, Paton Hopkins 2001, Coso y Mora-Rodríguez 2006, Mendez-Villanueva y cols 2007). El interés general se ha centrado en el test de Wingate en cicloergómetro para evaluar la potencia máxima anaeróbica de muchos deportistas incluyendo futbolistas, (Ponorac y cols 2007, Popadic 2009) y la velocidad de carrera máxima o pico entre 30 y 50 metros.

Muchos estudios respaldan sus resultados sobre la relación que se produce con los cambios en la concentración del lactato sanguíneo (Hirakoba y Yunoki

2002, Skof y Strojnik 2006) a pesar de que su empleo tiene opiniones divididas, (Green y Dawson 1993). En cuanto a las carreras, el rendimiento en distancias cortas entre 1 y 5 metros para el futbolista es importante, se ha encontrado que la capacidad de esprint está relacionada con la potencia y la fuerza-velocidad, estos hallazgos sirven de orientación para la mejora de la velocidad en distancias cortas, (Chelly y cols 2010).

La valoración de la fuerza en el futbolista, permite identificar las debilidades y desequilibrios de la musculatura agonista y antagonista de los segmentos corporales inferiores. La saltabilidad es una cualidad que permite evaluar la contribución del tren inferior en jugadores con diferente nivel de juego, (Smith y cols 2007). Markovic (2007) empleó el salto vertical para evaluar la efectividad del entrenamiento polimétrico, Oliver y cols (2008) para conocer la influencia de la actividad previa sobre el rendimiento del jugador, Chamari y cols (2008) lo consideraron una herramienta en la prescripción de la fuerza explosiva.

Las pruebas para estimar la resistencia específica en el fútbol emplean criterios como:

- Medición del tiempo empleado para cubrir una distancia.
- Tiempo en que se presenta la fatiga.
- Estimación del rendimiento mientras realiza esprint repetidos.

La ventaja de estos protocolos es que se realizan en el campo de juego y requiere de pocos recursos para su aplicación.

La flexibilidad puede evaluarse mediante el empleo de pruebas indirectas y directas, tienen como objetivo evaluar la amplitud de movimiento en una articulación dada. Para el futbolista, el control de la flexibilidad se emplea para identificar la tensión muscular del músculo que no restringe el movimiento de la articulación. La amplitud óptima de movimiento permite realizar gestos técnicos específicos y mantener una tensión mínima en el tejido blando. La valoración de

la flexibilidad es importante antes de iniciar un programa de entrenamiento para establecer la influencia de la actividad física sobre las estructuras que determinan la movilidad articular.

La agilidad se define como la habilidad para cambiar rápidamente la dirección del movimiento. Dependerá de la fuerza, el equilibrio y la coordinación. Las pruebas recomendadas se realizan en circuitos que presentan obstáculos y cambios de dirección. Se registra el tiempo empleado para vencer todos los obstáculos.

En el aspecto antropométrico la evaluación del somatotipo es un medio para conocer las características integrales del atleta, a través de sus componentes endomorfo, mesomorfo y ectomorfo. Hay evidencias que muestran diferencias importantes en la constitución física de la población atlética y no atlética. Los primeros presentan un mayor predominio mesomorfo y menos endomorfo que sus pares no atléticos y de la misma edad. Se considera el somatotipo como un factor selectivo para el rendimiento físico y se ha comprobado que la diferencia en el somatotipo es un elemento clave en el éxito deportivo.

## **1.2 CARACTERÍSTICAS E INDICADORES DEL DESARROLLO INFANTIL-ADOLESCENTE**

Las condiciones del entrenamiento físico y deportivo en las etapas infantil y juvenil deben considerar en primer término el nivel de tolerancia que muestra el sistema biológico debido que en estas etapas los individuos son susceptibles de padecer trastornos por el esfuerzo físico, fundamentalmente en los considerados de madurez inconstante como el sistema de sostén y movimiento, decisivo para el desarrollo de la capacidad de esfuerzo físico.

Afectan también al sistema de sostén y movimiento los mecanismos reguladores como el hormonal de alteración constante e impulsiva y el sistema

nervioso vegetativo con predominio sobre el tono parasimpático. Se debe destacar, también los cambios en las dimensiones, proporciones corporales y de los sistemas circulatorio y respiratorio influenciados por el componente vegetativo.

En la preparación de la capacidad de rendimiento deportiva y la capacidad de entrenamiento se observa relación con las variaciones del desarrollo individual de acuerdo con la edad y el sexo. La edad cronológica se define como el lapso transcurrido desde el nacimiento, solo señala la duración de vida de un individuo en un momento concreto y la edad biológica representa el nivel de desarrollo alcanzado en sus vertientes: física, emocional, intelectual y de adaptación social, por ello, es la edad biológica el factor que facilita las deducciones sobre el nivel de desarrollo de un individuo al compararlo con la media de la población.

La diferencia entre niños y adolescentes se debe fundamentar en la edad biológica que describe la evolución psicomotriz e indica los cambios distribuidos según aspectos cronológicos y biológicos. Para Martín y cols (2011) las características que orientan la determinación de la edad biológica y la dinámica de desarrollo están fundamentadas en:

- Estatura corporal y velocidad de crecimiento facilita la estimación de la estatura adulta y deducir trastornos del crecimiento.
- Estado de madurez sexual considerado el criterio básico para el desarrollo del crecimiento.
- Estado de osificación del esqueleto, es posible con este método obtener afirmaciones exactas, el más aplicado es Greulich-Pyle (1959) por su exactitud.
- Desarrollo de la dentadura.
  
- Estos criterios pueden ser complementarios entre sí y tienen diferente nivel de exactitud.

El accionar combinado entre la predisposición genética, el ambiente, los cambios estructurales y funcionales son los elementos influyentes del desarrollo. El desarrollo es un proceso independiente de transformación y diferenciación de la forma y el comportamiento durante la vida de una persona, (Martin y cols 2004). También se conjugan en adaptaciones propias de la individualidad. Por ejemplo el inicio de la pubertad puede variar de manera considerable en niños con la misma edad cronológica. El aumento en las longitudes del cuerpo es un fenómeno cuantitativo y se denomina crecimiento, mientras que el desarrollo es cualitativo y representa la madurez.

De acuerdo con Martin, (2004) el modelo de los niveles de desarrollo en la infancia y la adolescencia que describe las características de la maduración sexual y aceptada en la teoría del entrenamiento es el siguiente:

Nivel de desarrollo	Niñas	Niños
Edad preescolar	Comprende desde los 3 hasta los 7 años de vida	Comprende desde los 3 hasta los 7 años de vida
Edad escolar temprana	Va desde los 7 hasta los 10 años	Va desde los 7 hasta los 10 años
Edad escolar prepuberal	Desde 10-11 hasta 11-12 año de vida	Desde 10-11 hasta 12-13 año de vida
Primera fase de la pubertad (pubescencia)	Comienzo de la maduración sexual hasta la menarquía	Comienzo de la maduración sexual hasta la eyaculación
Segunda fase de la pubertad (adolescencia)	Desde la menarquía hasta alcanzar la madurez	Desde la eyaculación hasta alcanzar la madurez

La ventaja práctica del modelo se reconoce en tanto los sistemas específicos de competencia para los deportes como el entrenamiento de larga plazo se orientan con estos niveles de desarrollo relacionados con la edad. Ha sido útil para el proceso de entrenamiento con niños y adultos clasificarlos de acuerdo a la edad y con determinadas estructuras del desarrollo, en particular incremento de la altura, de la masa corporal, músculo y sistema cardiovascular.

Cada sistema orgánico y funcional muestra diferencias en el ritmo de maduración, determinada endógenamente, Martin y cols (2004). Scammon (1930) propuso cuatro tipos de maduración de los distintos órganos:

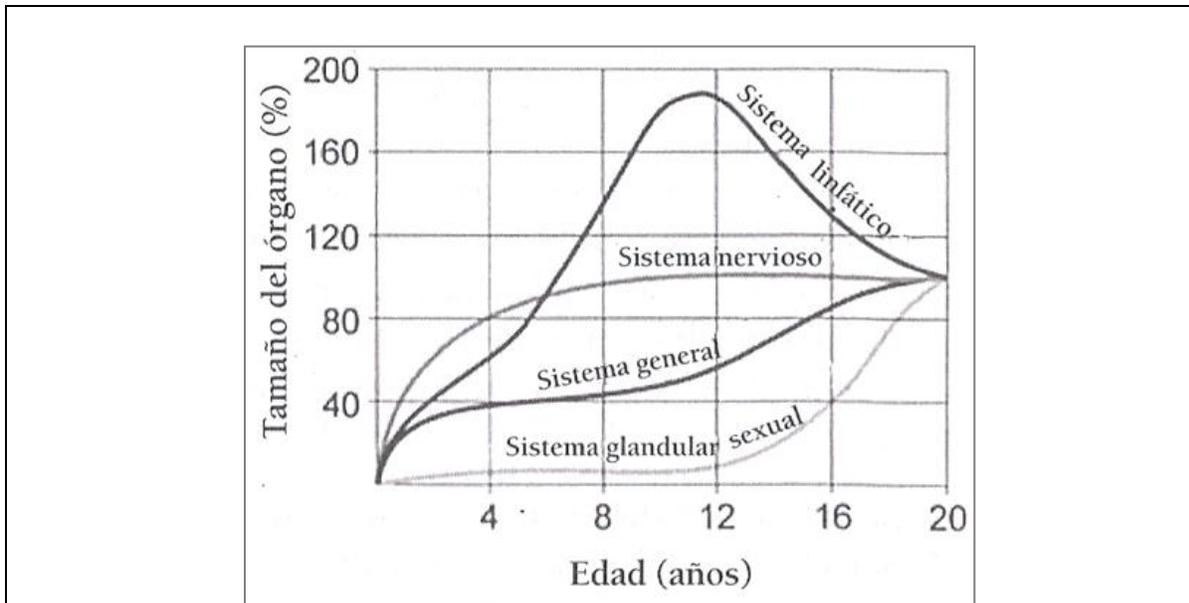


Figura 3. Características de los cuatro tipos principales del crecimiento en valores porcentuales.

Willimczik y Roth (1983) en Martin (2004)

Son interdependientes el desarrollo somático y el fisiológico. Se pueden dividir en componentes estructurales y fisiológicos.

### 1.2.1 MADURACIÓN

La maduración es el resultado de un proceso por el que se alcanza el desarrollo completo. En el hombre consiste en el despliegue de todas las capacidades físicas, emocionales e intelectuales que permiten a la persona actuar a un nivel de competencia y adaptabilidad superiores dentro de su ambiente. El estado de madurez es un elemento que ofrece información determinante sobre el grado de desarrollo alcanzado en las primeras etapas de la vida humana. Se ha establecido correspondencia entre ella y los factores ambientales.

### 1.2.2 MADURACIÓN SOMÁTICA

Buyken, Karaolis-Danckert y Remer (2009) estudiaron la teoría que relaciona la composición corporal prepuberal implicada en el momento de inicio de la pubertad. Con diseño multivariado y ajustado por análisis de regresión en 215 participantes del estudio Donald se evaluaron componentes nutricionales y antropométricos: índice de masa corporal, masa grasa/estatura<sup>2</sup>, masa libre de grasa/estatura<sup>2</sup>, antes de la aparición del brote de crecimiento puberal, información relacionada con los primeros años de vida, edad con la velocidad pico de la estatura y la menarquía.

Los resultados indican que las puntuaciones z del índice de masa corporal y masa grasa/estatura<sup>2</sup> antes de la edad del brote puberal se relacionaron moderadamente solo en las niñas. Los puntajes z de la masa libre de grasa/estatura<sup>2</sup>, la edad y la edad del brote no se relacionan. Resultaron mejores pronosticadores el índice de masa corporal, la edad prepuberal y la masa grasa/estatura<sup>2</sup>; edad para la velocidad pico de la estatura y la duración de la pubertad (edad para la velocidad pico de la estatura – edad del brote) en ambos sexos y edad de la menarquía en las niñas. Los autores concluyen que la composición corporal prepuberal en niños y niñas, sanos no resulta crítica para el inicio del brote de crecimiento puberal, pero afecta la progresión del desarrollo puberal que se traduce en el logro la etapa anterior a la puberal.

Karaolis-Danckert y cols (2009) plantearon que el inicio de la pubertad a edad temprana puede predisponer un individuo a enfermedades prevalentes actuales que incluyen cáncer y adiposidad. Basados en los factores intrauterinos y posnatales como la variedad de exposiciones en los primeros años de vida, el peso al nacer, el estado de la lactancia materna, la velocidad de aumento de peso y las características de los padres, se centraron en el estudio la edad para la velocidad pico de la estatura y la menarquía y señalan la influencia en los marcadores tempranos y tardíos que dan inicio a la fase puberal y se mostraron independiente de la composición corporal prepuberal.

En una revisión sobre estudios transversales Karlberg (2000) describió la tendencia secular del crecimiento en la adolescencia y asevera que se deben al aumento de la altura media final en la edad adulta. De la misma manera se observó un adelanto de la edad para iniciar la pubertad, pero sin relación entre ambas tendencias. Afirma el autor que el aumento de la estatura promedio puede ser explicado por el influjo de la hormona del crecimiento a menor edad. La fase del brote del crecimiento mantiene fuerte relación con la estatura final sin estar asociada a la edad de la velocidad pico de la estatura puberal.

La variabilidad para establecer el inicio de la pubertad es el resultado de factores genéticos, así lo confirman estudios realizados en sujetos gemelos. Esta afirmación concuerda con lo expresado por Silventoinen y cols (2008) cuando afirman que durante la pubertad el crecimiento es estrictamente regulado por información genética. Adicionalmente, afirman que los niños que maduran temprano muestran un índice de masa corporal más alto en la niñez y estatura alta en la adultez temprana.

Entre los factores ambientales destacan el estado nutricional que explica posiblemente un 25% la variación en la infancia y la sobrealimentación junto a la obesidad se desencadenan en la pubertad. Al examinar la relación entre la ingesta de proteínas, la edad del brote de crecimiento puberal, la velocidad pico para la estatura y la menarquía en la infancia temprana y media, Günther y cols (2010) sugieren que el consumo de proteínas animal y vegetal, a mediados de la niñez puede ser la diferencia que está en relación con el inicio de la pubertad.

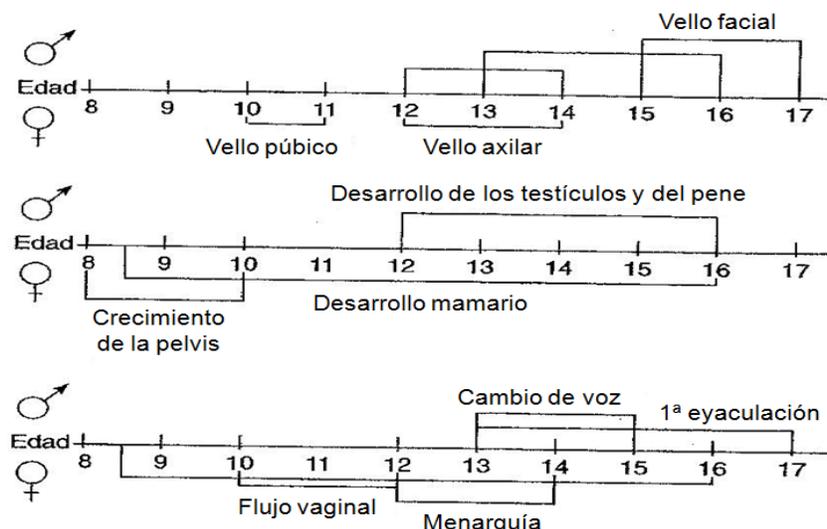
Igualmente, Cheng y cols (2010) encontraron que la calidad de la dieta está asociada al comienzo de la pubertad, pero no con la composición corporal al inicio de la fase puberal. Mediante el análisis de calidad de la dieta, a través de la densidad de nutrientes, al inicio del estudio se determinó el índice de calidad nutricional en tres niveles baja, moderada y alta.

Con los resultados los autores concluyeron que los niños con dieta de baja densidad de nutrientes iniciaron la fase puberal a una edad más temprana y fue independiente de la composición corporal prepuberal. La baja estatura y delgadez al nacer se asocia con una maduración más temprana. Por último, reconoce la importancia de los estudios longitudinales para entender las consecuencias a corto y largo plazo de los cambios seculares, tanto en la talla final y el desarrollo puberal.

### 1.2.3 MADURACIÓN SEXUAL

Durante la pubertad se manifiestan los cambios sexuales que diferencian funcionalmente al hombre y la mujer. Los cambios en la mujer se manifiestan por el inicio de la menstruación, en el varón por la producción de semen y en ambos por aumento de los genitales. En los varones se aprecia de manera notable un incremento en la producción de pelo, fundamentalmente en las axilas, cara y zona púbica y el tono de voz se torna grave; suele ocurrir entre los 13 a 16 años. En la mujer, estos signos se presentan entre los 11 y los 14 años.

La aparición de estos cambios los esquematiza Prado y cols (2009) de la siguiente manera:



Fue Tanner quien propuso la escala de cinco estadios en los que se aprecia el aspecto de los genitales y las características de la distribución del vello y las mamas. Las características en los varones corresponden a:

<b>Estadio</b>	<b>Genitales (G)</b>	<b>Vello Púbico (VP)</b>
I	Preadolescente. Aspecto infantil en forma y tamaño de: pene, testículos y escrotos	Preadolescente. Vello pubiano igual al del resto del abdomen.
II	Volumen testicular aumentado (mayor de 3 ml). Cambios en la textura, elongación y enrojecimiento de la piel del escroto. No hay modificaciones en el pene.	Se diferencia del resto del abdomen, es escaso, liso y se localiza en la base del pene.
III	Aumento en la longitud del pene, con poco aumento en grosor. Aumento de testículos y escroto. La piel escrotal se oscurece y se hace rugosa.	Abundante, poco rizado, más pigmentado y grueso. Extendido a ambos lados del pubis.
IV	Pene aumentado de tamaño: en longitud y grosor. Testículos y escroto de mayor tamaño que en el estadio anterior. Piel escrotal hiperpigmentada.	Abundante, oscuro, rizado. Cubre toda el área sin excederla
V	Estadio adulto. Tamaño y forma característica del adulto	Distribución característica del adulto, cubre la cara interna de los muslos. Puede extenderse a la línea alba del abdomen.

Espinoza Isbelia Izaguirre, de Tomei Coromoto Macías, de Gómez Moira Castañeda y Méndez Castellano Hernán. (2003).

El formato de autoevaluación se ha empleado en población escolar, con y sin asistencia de personal médico especializado. La menor edad corresponde a los 6 años hasta los 18 en varones y hembras. El objetivo de la evaluación abarca desde la determinación de la relación entre la edad cronológica y la biológica, establecer la edad de aparición maduración por aparición de la menarquía, aumento del tamaño en los senos para las niñas y aumento del volumen testicular en los niños, con los correspondientes estadios de Tanner. En la generalidad de las investigaciones revisadas se encontró conclusiones similares en cuanto a la maduración temprana que alcanzan las niñas en

comparación con los niños y de acuerdo con los autores la tendencia se mantiene en los grupos aún cuando se realizaron en diferentes países.

El estudio de la obesidad durante la etapa infantil y adolescente debe tomar en cuenta el grado de maduración entre niñas y niños debido al grado de asociación presente, Wang (2002). En 1993 Dóber y Királyfalvi determinaron que la maduración se presenta en grupos de niños en diferentes edades de acuerdo al sexo y la edad de la menarquía en las niñas ocurrió a los 12,9 años, con un rango de diferencia de 0,1 a 0,6 después que las niñas de países del sur de Europa occidental.

Zurlo y cols (1993) determinaron que la fase puberal en los hombres abarca desde 2 años 2 meses a 3 años y 6 meses, con una media de 2 años 11 meses. El estadio genital (G2) se alcanza 8 meses después de las chicas con relación a su desarrollo mamario (B2) y la distribución del vello del pubis (PH2) aparece un año más tarde que en las chicas. La condición socioeconómica en el caso de las niñas fijó las diferencias significativas respecto a la aparición de la menarquía, esto es estatus bajo 12,7, estatus medio 12,9 y estatus alto 13,0 años y entre las niñas (12,5/12,9 años) con y sin antecedentes migratorios, Kahl y cols (2000).

El nivel de maduración, cuestionario de autoevaluación de Tanner mostró la presencia del vello pubiano hacia los 10 años de edad, 42,4% en las niñas y el 35,7% en los niños y las etapas PH5 57,5% chicas, 47,8% chicos y PH6 (23,6% mujeres, 46,5% varones) se alcanzaron hacia los 17 años de edad. Concluyen que el nivel de maduración de los niños y adolescentes alemanes no difiere significativamente de los encontrados por otros autores europeos.

En niños turcos se determinó la diferencia en cuanto se inicia la maduración sexual. La media de la edad en la aparición de las diferencias del volumen testicular fue para el G1 8,70 +/- 1,38 años, 11,76 +/- 1,28 para el G2,

12,81 +/- 1,0 para el G3, 13,17 +/- 0,87 para G4, y 13,87 +/- 0,98 para G5. (Semiz y cols 2008) afirman que los niños entran a la pubertad con similar edad promedio que otras poblaciones, y que el inicio es mucho más temprano.

La relación de la edad óptima y maduración sexual en 1550 niñas y 1563 niños los niños egipcios se establecieron entre 6,5 hasta 18,5 años, Ghaly (2008), de acuerdo con estadios de Tanner. El vello púbico apareció en las niñas (etapa PH2) a los 10,46 (+/-1,36) años y en los niños a los 11,86 (+/- 1,45) años. La media de edad de aparición de la menarquía se fijó en 12,44 años, el desarrollo de mamas a la edad de 10,71 (+/-1,30) años. El volumen testicular en los niños se ubicó a una edad media de 10,56 (SD 1,40) años, en etapa genital G2.

El cuestionario de la Tanner resulta ventajoso al tratar grandes poblaciones en estudios epidemiológicos, (Taylor y cols 2001). Ghaly y cols (2008) determinaron la edad óptima en la que se inicia la maduración y recomiendan el cuestionario descartar posibles trastornos en niños egipcios. Estos indicadores son útiles en la identificación del patrón de anormalidad en lo que respecta al atraso o adelanto de la maduración, (Macías-Tomei y cols 2000).

Es posible la influencia, en las diferencias raciales, de polimorfismos genéticos, nutrición, actividad física o reguladores hormonales. Por lo tanto, son cruciales para el control en la evolución de la pubertad, Herman-Giddens (2006). Lee, Guo y Kulin (2001) encuentran imposible llegar a conclusiones válidas sobre tendencias seculares en la maduración de los niños debido a la ausencia en la estandarización de los criterios en el aspecto genital

Con diferentes grupos étnicos, entre los que destacan niños norteamericanos e hispanos se pudo determinar el nivel de maduración de acuerdo con la edad, (Sun y cols 2002). Con atletas jóvenes el modelo de auto evaluación ha resultado válido y confiable, (Leone y Comtois 2007). En lo que respecta a la apariencia de las mamas y el vello púbico no resultó apropiado en

la determinación del estadio madurativo, (Raman y cols 2009). En niños de ambos sexos y obesos resulta de baja confiabilidad para determinar el nivel de maduración, (Bonat 2002).

El resultado de las investigaciones con diferentes poblaciones y en diferentes momentos describe la influencia de factores endógenos y exógenos sobre los adolescentes y su repercusión en la maduración. Entre los factores ambientales que podrían alterar el crecimiento y la maduración sexual, Georgopoulos y cols (1999) destacan al estrés y el entrenamiento físico intensivo. Estudiaron 255 gimnastas rítmicas con rango de edad entre 11 a 23 años, incluyó peso y talla, evaluación de la mama y el desarrollo del vello púbico, la estimación de la maduración, grasa corporal ósea, altura para la edad, edad de la menarquía y edad los padres.

Las gimnastas resultaron más altas que la media para la edad y con peso inferior, por debajo del percentil 50. La estatura y el peso correlacionaron con el número de competencias y el índice de masa corporal ( $p < 0,001$ ). El pronóstico de la estatura mostró correlación positiva con el peso y negativa con la grasa corporal. El esqueleto mostró retraso de 1,3 años ( $p < 0,001$ ), el desarrollo puberal siguió a la edad ósea. La menarquía fue retrasada en comparación con madres y hermanas ( $p < 0,008$ ) y correlacionó positivamente con la intensidad del entrenamiento. La diferencia entre edad ósea y edad cronológica correlacionó negativamente ( $p < 0,001$ ) con la grasa corporal. En definitiva, afirman los autores que los esfuerzos psicológicos y somáticos tienen efectos importantes en el crecimiento y desarrollo sexual. Sin embargo, se espera que no impactara la talla adulta.

En 1955 Assumen y Nielsen mostraron interés por el estudio de los cambios en el rendimiento que se producen con el crecimiento. Las figura 4 y 5 muestran la evolución en variables como el peso relacionada con la estatura

consumo máximo de oxígeno, ventilación pulmonar y frecuencia respiratoria en esfuerzo relacionado con la estatura corporal.

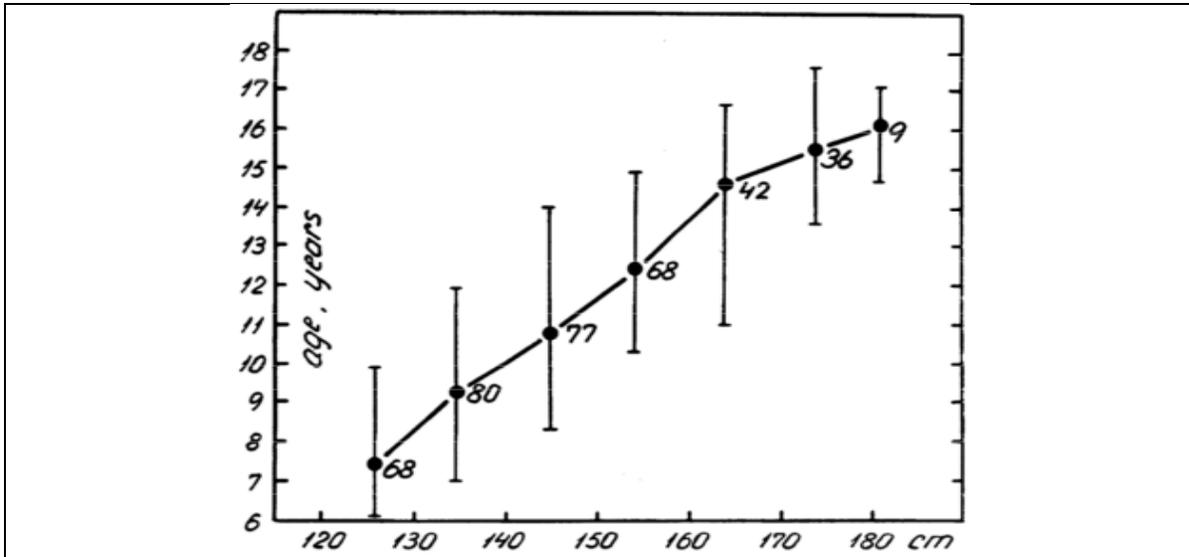


Figura 4. Relación entre la edad y estatura de 400 niños daneses. Se muestra número de sujetos y rangos de clase de la edad y la estatura. Assumen E y HeebOoll-Nielsen K. (1955).

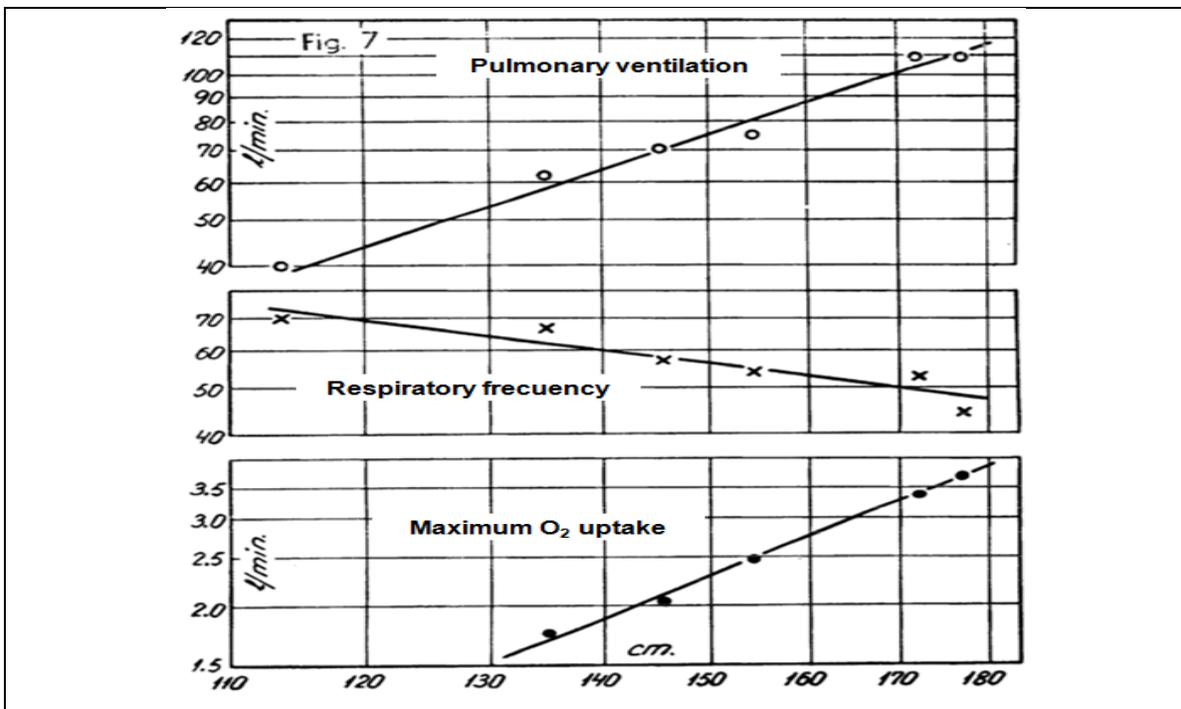


Figura 5. Relación entre parámetros fisiológicos como ventilación pulmonar, frecuencia respiratoria y consumo máximo de oxígeno con la estatura. Assumen E y HeebOoll-Nielsen K. (1955).

Se observa que los cambios de las variables fisiológicas muestran un aumento con la ganancia en la estatura exceptuando la frecuencia respiratoria que tiende a disminuir, en ese sentido Quanjer y cols (2010) afirman que los cambios en las propiedades de las vías respiratorias, las proporciones del cuerpo, forma y función de los músculos torácicos respiratorios se presentan durante el crecimiento.

Algunos de los cambios fisiológicos que se producen en la adolescencia los describe Kulin y Müller (1996) como: aumento en la tasa de crecimiento con aparición de las diferencias somáticas sexuales. Las niñas aumentan marcadamente la grasa corporal a los 7 años y a los 16 años presentan el doble de grasa que los niños.

En los niños el agua corporal total que compone principalmente de los músculos y tejidos óseos es reflejo de la masa magra. A los 9 años de edad, el agua corporal total aumenta de manera significativa en los niños generando las señales de aparición de crecimiento más rápido de la masa magra. Entre los 10 y los 17 años se duplica la masa muscular y la masa esquelética entre las edades de 12 y 16 años. Los varones superan las niñas en todas las dimensiones corporales exceptuando la anchura de la cadera y la grasa corporal. Los cambios puberales producidos en los segmentos corporales se manifiestan por el aumento de peso y estatura. El inicio del estirón de la adolescencia antecede la aparición de caracteres sexuales secundarios en 1 año aproximadamente en niñas y niños.

Los intentos por aproximarse al grado de maduración han generado modelos para su evaluación que incluyen el reconocimiento visual de los caracteres sexuales por parte de personal especializado hasta la autoevaluación apoyada en fotografías, imágenes que permiten la comparación, cuestionarios y la combinación entre ellos. En la determinación de la maduración genital y crecimiento de vello púbico en 2114 niños y adolescentes entre 8 y 19 años de edad, blancos, afroamericanos y mexicanos Herman-Giddens y cols (2001).

Las diferencias raciales de la estatura de acuerdo a la edad (p 0,001) se evidenciaron entre los niños mexicanos con los afroamericanos y los blancos. No se encontró diferencias significativas entre blancos y afroamericanos.

En la figura 6 se observa los registros obtenidos en diferentes razas de niños de los estadios del vello púbico expresados en medias y desviación estándar. De los tres grupos de niños son los mexico-americanos quienes inician a mayor edad los estadios 2 y 5. Y respecto al desarrollo genital se encuentra similitud en la edad promedio entre los grupos.

	Age in a stage Boys								
	Non-Hispanic White			Non-Hispanic White			Mexican-American		
Pubic Hair									
PH2	42	11,81	0,16	106	11,48*	0,13	50	12,20*	0,24
PH3	39	13,03	0,27	86	12,79*	0,19	55	13,44*	0,26
PH4	75	14,89	0,18	94	15,21	0,26	93	15,25	0,16
PH5	133	16,84	0,13	238	16,67*	0,08	211	17,14*	0,10
Genitalia development									
G2	136	11,08	0,18	181	10,79	0,13	183	11,09	0,17
G3	63	12,55	0,29	113	12,03*	0,28	80	12,97*	0,28
G4	91	15,29	0,19	98	15,07	0,33	104	15,38	0,19
G5	120	16,64	0,15	253	16,42*	0,09	219	16,85*	0,13

\*Significant pair-wise racial difference, P<.05

Figura 6. Medias y desviaciones estándar de la edad para el inicio de las etapas del vello púbico y desarrollo genital en niños por razas.

Herman-Giddens Marcia E., PA, MPH, DrPH; Wang Lily, MS; Koch Gary. (2001).

Respecto a la aparición de los cambios puberales en personas del continente americano, Lee (1980) diferencia entre los eventos que ocurren en las mujeres como la menarquia y ginecomastia, iniciándose entre los 8,0 a 14,9 años, completándose a entre los 12,4 a 16,8; en los hombres se presenta cambio de voz y vello facial entre los 9,7 y 14,1 cerrándose a entre los 13,7 a 17,9 años.

Algunos factores culturales inciden en la aplicación del protocolo de autoevaluación. Duke y cols (1980) señalan que la necesidad de desvestir al adolescente limita de manera importante la evaluación de la etapa de la madurez sexual. Propusieron la metodología de auto-evaluación a 43 mujeres, de 9 a 17 y 23 varones, 11 a 18 y se comparó con los exámenes físicos realizados por uno

de los investigadores. Con los resultados obtenidos los autores demostraron que los adolescentes pueden valorar con precisión su grado de desarrollo propio de acuerdo a las fotografías estándar de Tanner y la reconocen como una práctica que ofrece una forma objetiva de comprender la evolución de la pubertad y permitir el seguimiento a su propia maduración.

El grado de maduración sexual es definido por los médicos con el examen físico y de los adolescentes sobre la base de cinco fotografías estándar correspondiente a cinco puntuaciones de madurez de acuerdo al modelo de Tanner. Varona y cols (1988) lo emplearon en 319 adolescentes entre los 10 y 18 años y encontraron que el desarrollo de los genitales es pobre y el desarrollo del vello púbico bueno, según el acuerdo entre médico y los niños. Afirman los autores del estudio que el empleo del formato de autoevaluación de la madurez ofrece un valor positivo en el estudio de la pubertad y la adolescencia.

En dos grupos de gimnastas catalogados como estudio  $n=21$  y control  $n=24$  con edades promedio 13,3 y 13,5 años del sexo masculino Gurd y Klentrou (2003), estudiaron la influencia del entrenamiento intenso en el crecimiento físico y la maduración sexual. A tal efecto se llevó a cabo el registro de las actividades físicas para estimar el gasto energético semanal mediante un cuestionario para adolescentes, se registraron los valores de la estatura, peso corporal y porcentaje de grasa por bioimpedancia eléctrica, suministraron información del estado de madurez mediante formulario de autoevaluación de genitales y se estimó la concentración de la testosterona con muestra de saliva.

Los resultados indican que no hubo diferencia entre los valores del desarrollo, concentración de testosterona, estatura y masa corporal de ambos grupos. Se halló asociación negativa entre el gasto energético y el porcentaje de grasa, pero no se relacionó con la testosterona; se encontró fuerte correlación entre las etapas de maduración y los valores de testosterona, no así con el gasto energético. Los autores concluyen que los gimnastas tienen un gasto energético

alto durante el entrenamiento intenso, pero que no afecta su composición corporal y tampoco afecta el desarrollo físico puberal.

Ghaly y cols (2008) establecieron la edad óptima de maduración sexual en los niños y adolescentes egipcios, determinado mediante estadios de madurez de Tanner. La edad media para la verificación del vello púbico correspondió a 10,46 años en las niñas y 11,86 años para los niños. Para evaluar el vello axilar se tomó como edad media de 11,65 años para las mujeres y 13,55 años para los varones. Con estos se contribuyó con la evaluación de la maduración sexual y al reconocimiento de trastornos de la pubertad en los adolescentes egipcios.

La maduración sexual depende de factores genéticos y ambientales, por lo que cada grupo étnico debe disponer de sus propias normas de datos, según Papadimitriou y cols (2000). Estos autores describieron el nivel de maduración sexual en jóvenes griegos. Evaluaron a 1266 individuos entre 8 y 16 años, emplearon la clasificación propuesta por Tanner y encontraron que el primer signo de la pubertad fue la ampliación genital (G2), que se produjo a una edad media de 11,0 (+ / - 1,3) años, seguida de desarrollo del vello púbico (PH2) de 11,5 (+ / - 1,5) años de edad.

Al comparar con los estudios de otros grupos similar, los autores concluyen que la edad en que se produce el desarrollo genital de los niños griegos se muestra diferente a otras poblaciones caucásicas. Empero, el vello púbico en los niños griegos se desarrolla mucho antes.

Azevedo y cols (2009) estudiaron la relación entre la evaluación objetiva en el ambulatorio y de auto-evaluación de la maduración sexual en la escuela. A tal fin emplearon una muestra de Trescientos diecinueve sujetos distribuidos en 178 pertenecientes a consulta externa de una clínica (96 niños y 82 niñas) y 141 provenientes de escuelas públicas (73 niños y 68 niñas), con edades entre 8,3 a 18,7 años. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencias

significativas entre los valores obtenidos de la consulta externa y los derivados de las escuelas. Afirman que la auto-evaluación puberal no debe sustituir a la evaluación objetiva realizada por profesionales entrenados y la validez del método mejora con el uso en estudios poblacionales.

En el ámbito deportivo que involucra a niños y adolescentes es común encontrar individuos que participan en un mismo grupo, pero con una diferencia de hasta 2 años de edad entre sí. Coelho y cols (2009) compararon la variación de la estatura en función del deporte, a las diferencias atribuibles a la madurez biológica en futbolistas categoría juvenil, distribuidos en los dos grupos de edad.

La muestra estuvo conformada por 159 futbolistas del sexo masculino con edades, 11-12 años ( $n = 87$ ) y 13-14 años ( $n = 72$ ). Se registraron peso, talla, pliegues cutáneos y la estatura sentado cuatro, cuatro capacidades funcionales, cuatro habilidades de fútbol y la orientación de meta fueron medidas. La madurez esquelética se evaluó mediante el método Fels. Los jugadores se clasificaron según el grado de maduración presentada como sigue: maduración retardada o maduración temprana sobre la base de la diferencia entre la edad ósea y la edad cronológica.

El nivel de maduración tardía se reportó en los chicos de 11 y 12 años mientras que la maduración temprana se encontró en los de 13 y 14 años, siendo además de mayor estatura y masa corporal. No se encontraron diferencias con los sujetos que se compararon a excepción de alguna de las pruebas funcionales y las habilidades propias del fútbol. En definitiva la variación en la estatura de los jugadores asociada con el estado de madurez es similar al de los adolescentes en general, pero en aquellos futbolistas en los que varía el estado de madurez no se encontraron diferencias en las capacidades funcionales y las habilidades específicas del fútbol.

Estimar la contribución de la experiencia, el tamaño corporal y el estado de madurez en la variación en las capacidades funcionales de futbolistas

adolescentes fue el objetivo propuesto por Malina y cols (2004). Sesenta y nueve jugadores entre los 13,2 y 15,1 años fueron evaluados tomando como indicadores madurez a partir de parámetros antropométricos que incluían vello púbico, estatura y peso corporal. La determinación de la experiencia como jugador se obtuvo a través de una entrevista y la capacidad funcional con tres pruebas físicas que estimaron velocidad, fuerza explosiva y resistencia aeróbica.

Los resultados que del 21 al 50% de la variación en las pruebas físicas eran explicados por la estatura y los años de experiencia como jugador. El grado de madurez contribuyó en los resultados de la prueba de resistencia aeróbica, mientras que la masa corporal y la estatura lo fueron para la prueba de velocidad y de fuerza explosiva. Concluyen que la madurez biológica influye significativamente en la capacidad funcional de futbolistas adolescentes.

En un trabajo anterior Jone y cols (2000) reportaron sus hallazgos en similares términos. Estudiaron la masa corporal, madurez sexual mediante autoevaluación, salto vertical, la fuerza de agarre y la prueba de 20 metros, en total se evaluaron 152 niñas y 161 niños. El grado de madurez sexual correlacionó significativamente con todos los resultados de las pruebas de aptitud física en los niños:  $r = 0,56$  a  $0,73$ ; en las niñas:  $r = 0,24$  a  $0,46$ . El análisis de covarianza reveló que cuando se tuvo en cuenta la estatura y la masa corporal fueron evidentes las diferencias significativas entre los estados de madurez sexual en niños, pero no las niñas.

Por lo tanto, concluyen que el nivel madurez sexual influye en los resultados de la aptitud física en los niños y en menor grado en las niñas. Recomiendan que al evaluar la aptitud física debe tenerse en cuenta la madurez biológica, especialmente en los varones.

El protocolo de autoevaluación para determinar madurez sexual se ha probado en grupos de niños de diversas características con el propósito de

validar su utilidad. Bonat y cols (2002) determinaron la fiabilidad del método de autoevaluación por etapas Tanner, en 135 niñas y 109 niños de 6 a 12 años, de los cuales el 41% eran obesos. Utilizando una serie estandarizada de dibujos con texto explicativo las chicas valoraron el desarrollo de las mamas y el vello púbico, mientras los chicos se enfocaron en el vello púbico.

Los resultados en los grupos de obesos y no obesos sobrestimó considerablemente los estadio reales del vello púbico, en  $0,51 + / - 1,1$  y  $0,31$  etapas  $+ / - 0,8$  etapas, respectivamente, ver figura 7. En conclusión el protocolo de auto-evaluación de Tanner no determinó con fiabilidad el grado de maduración considerando las mamas de las niñas obesas o la etapa en la que se ubican los niños tomando el vello púbico.

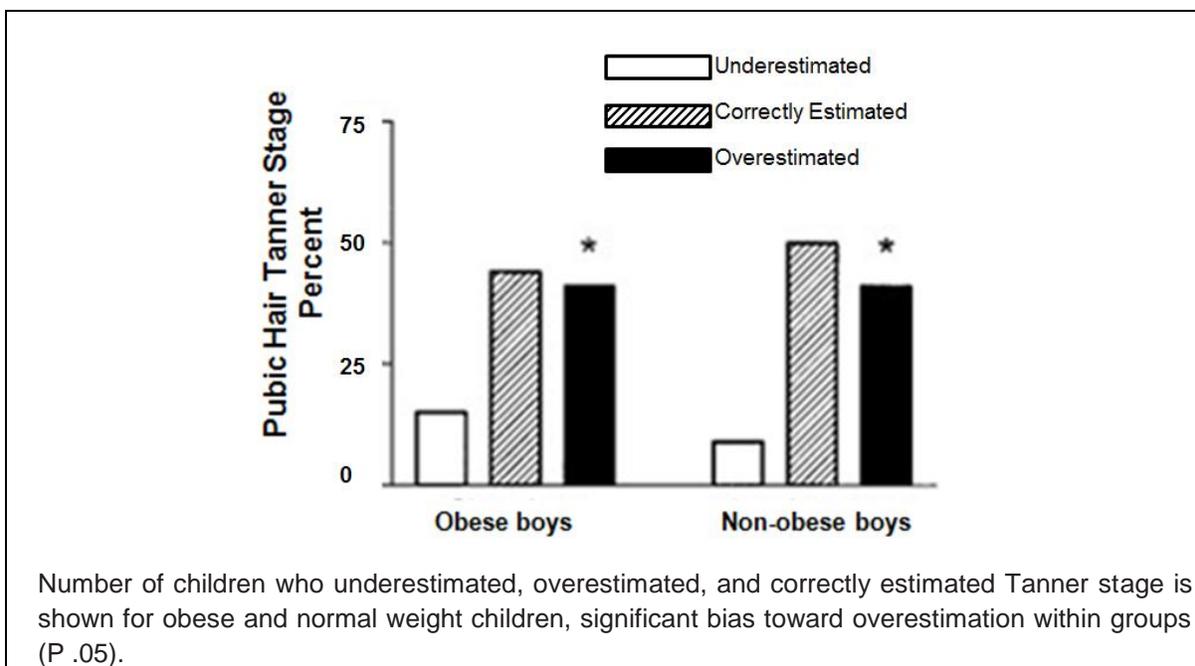


Figura 7. Comparaciones de resultado de auto informe de maduración de Tanner. Bonat y cols (2002).

El empleo de imágenes acompañado de texto explicativo en chino con líneas específicas según el género fue otra forma empleada por Chan y cols (2008) para evaluar el grado de madurez en escolares. En total participaron 172

niños y 182 niñas con edades entre 8 y 18 años. Los resultados de la autoevaluación se compararon con la realizada por un evaluador del mismo sexo.

En ese sentido, hubo acuerdo casi perfecto entre las evaluaciones en sí mismos y la realizada por el evaluador en cuanto al desarrollo de los senos y el crecimiento del vello púbico en las niñas y entre las evaluaciones de sí mismos y los reportados por el evaluador del desarrollo genital masculino y el crecimiento del vello púbico. El estudio permitió confirmar que un cuestionario de Tanner dirigido a la autoevaluación puberal con dibujos y textos explicativos estima con fiabilidad el estado de maduración sexual en los niños chinos.

En 1999 Hergenroeder y cols mostraron resultados diferentes al evaluar 107 voluntarias de 8 a 17 años de edad del área metropolitana de Houston. Emplearon dos medidas para determinar la fiabilidad entre las evaluaciones inter-observador y la auto-evaluación del desarrollo de mamas y vello púbico. En conclusión la evaluación inter-observador de la maduración de mamas era baja, mientras la auto-evaluación de mamas no resultó fiable en este grupo de adolescentes. Sin embargo, la concordancia de la evaluación, inter-observador del vello púbico resultó buena.

Las respuestas obtenidas mediante la auto-evaluación de la maduración dependen de lo que él o los individuos encuentren como similitud entre sus características anatómicas y las observadas en el instrumento que para registrar los datos de la evaluación. Williams y cols (1988) realizaron una investigación con el fin de validar los resultados de estudios previos y evaluar los efectos del nivel de grasa actual y la capacidad de valorar su nivel de maduración sexual en adolescentes. La correlación entre los valores del personal especialista y la autoevaluación resultó considerablemente alta y concluyen que los niños tienden a sobreestimar su nivel de maduración mientras las niñas lo subestiman.

### **1.3.1 EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD AERÓBICA Y ANAERÓBICA**

La revisión de las investigaciones en torno a la capacidad anaeróbica y aeróbica involucra sujetos con un rango de edad entre los 10 y 18 años. Se estudian los factores que los afectan planteando comparaciones por sexo, crecimiento, nivel de maduración sexual, comparación del rendimiento con adultos y establecimiento de directrices para llevar a cabo evaluaciones físicas.

El interés por las investigaciones con ergometría surge a partir de 1900 y es en la década de 1970 cuando se establecen las relacionadas con el rendimiento aeróbico en los niños Williams (1997). Woynarowska (1984) analiza los problemas de la fisiología del trabajo como la determinación morfológica, fisiológica y psicológica de la adaptación a los ejercicios físicos de los niños y adolescentes durante su desarrollo y los cambios del rendimiento físico en la segunda década de la vida, fundamentado en los resultados de sus investigaciones transversales y dos estudios longitudinales.

Sugiere que la información sobre los cambios en la capacidad física de niños y adolescentes con relación a la evolución somática es útil como diagnóstico individual de la capacidad aeróbica y anaeróbica. Afirma que las normas elaboradas como índices de la capacidad aeróbica y anaeróbica pueden ser útiles en el diagnóstico individual de la capacidad de trabajo físico de niños sanos y enfermos. Así mismo, sugiere el seguimiento de estos cambios y la observación de los cambios seculares.

Para Bar-Or (1986) existe una clara diferencia en el patrón que describe la captación máxima de oxígeno por kilogramo de masa corporal en varones que se mantiene prácticamente inalterado desde la infancia hasta la edad adulta. En las mujeres es mayor durante la infancia que en la adolescencia o adultez.

A este respecto, Faingenbaum y cols (2009) exponen en un documento de la Asociación Nacional para el Acondicionamiento y la Fuerza (NSCA) las diferencias físicas entre los niños preadolescentes, nivel de maduración sexual 1 y 2 de acuerdo con el modelo de Tanner hasta los 11 años de edad y los adolescentes entre 14 y 18 años, varones con valores en la escala de Tanner de 3 y 4. Los parámetros valorados incluyen características antropométricas, físicas y fisiológicas. Es variada la terminología para referirse al consumo de oxígeno alcanzado durante el esfuerzo y su relación con variables como el tiempo empleado en cubrir la prueba ergométrica, meseta del consumo de oxígeno. No obstante, el término que se emplea en la generalidad de las investigaciones es consumo de oxígeno pico.

Rowland (2007) estableció que la aptitud física está vinculada con la máxima captación de oxígeno y guarda relación con la masa corporal ( $VO_2$  máx ml/kg/min) de los sujetos, tiene implicaciones para la salud, pero en la actualidad no se cuenta con una base poblacional que permita conocer la tendencia secular del consumo de oxígeno en individuos jóvenes.

Por otra parte, Malina (2007) advierte que es posible encontrar una disminución de la potencia aeróbica de niños y adolescentes debido a los cambios en el patrón de actividad física, al aumento de la grasa corporal y no por disminución de la función cardiovascular. Afirma que la prevalencia de sobrepeso y obesidad ha aumentado desde la década de 1980 y advierte sobre la necesidad de actualizar los datos sobre aptitud física de los jóvenes estadounidense.

El reporte de los resultados del trabajo máximo que realiza la población infantil se relaciona con la masa corporal y con la masa libre de grasa. Gulmans y cols (1997) evaluaron una muestra de 77 niños y 81 niñas entre 12 y 18 años a los que se aplicó una prueba de esfuerzo progresivo en cicloergómetro. Reportaron correlación de 0,82 entre el peso corporal y el consumo de oxígeno

máximo. Hallaron diferencias por género en el consumo de oxígeno relativo mediante el análisis de varianza, así mismo se determinaron la influencia de la edad en los valores del consumo de oxígeno máximo. La relación entre la carga máxima que toleran los niños, el peso corporal y el máximo consumo de oxígeno son parámetros útiles en la determinación de la capacidad de trabajo y los valores de referencia se pueden emplear para predecirla en niños sanos.

Para Rowland (1990) existe un eventual semejanza entre la mayor economía de carrera y el crecimiento, así mismo sostiene que se mantiene una relación entre el máximo consumo de oxígeno y el peso corporal, en niños de todas las edades es estable mientras que disminuye progresivamente en las niñas en la medida que crecen. El aumento de la capacidad de resistencia se explica por la mejora en la economía de la carrera, sin embargo señala que es incierta cuando se asocia al crecimiento, pero un menor número de pasos, una mecánica de carrera eficiente y cambios de la masa corporal pueden ser determinantes.

Son variados los indicadores físicos y fisiológicos empleados para evaluar el rendimiento físico en individuos. Dubowy y cols (2008) diseñaron un protocolo de ejercicio físico estandarizado que permitiera realizar evaluaciones a largo plazo en personas independientemente de su edad, se propusieron a calcular los valores de referencia aplicada sobre una banda sin fin a velocidad y pendiente progresiva cada 90 segundos. Utilizaron en el diseño una muestra caucásica de 548 hembras y 647 varones, sanos entre 4 a 75 años. Estimaron la distancia recorrida, resistencia y el consumo de oxígeno con un protocolo mejorado con espiroergometría. De los resultados obtenidos concluyen que hasta la pubertad el rendimiento es similar entre niños y niñas, en adelante la captación de oxígeno y distancia recorrida es mayor en los hombres, con respecto a la edad encontraron que la captación máxima de oxígeno está asociada con la superficie corporal.

La importancia de actualizar y disponer de datos que permitan contribuir como criterios de referencia en poblaciones infantiles enfocados en la edad, ha

llevado a algunos autores a perfilar sus investigaciones en cuanto comparaciones de protocolos de uso común en el adulto para conocer la evolución de la potencia aeróbica en sujetos de edad temprana; lograr los ajustes necesarios de manera que se cuente con valores propios de los niños determinar el factor que determina el descenso de la potencia aeróbica.

Van der Cammen y cols (2010), se enfocaron a determinar nuevos valores de referencia empleando el protocolo de Bruce original y modificado en niños de 4 y 5 años. El criterio para determinar la capacidad de resistencia fue el tiempo de ejercicio máximo. Al comparar la diferencia entre ambos protocolos, de 50 segundos, concluyen que no pueden considerarse valores intercambiables pudiendo emplearse como referencias.

Otro estudio comparativo entre el protocolo de Bruce y rampa permitió conocer los criterios empleados para evaluar la capacidad de resistencia en niños como la velocidad e inclinación. Barbosa y cols (2007) analizaron el historial de 1006 niños y adolescentes entre 4 y 17 años con el propósito de fijar las normas propias del protocolo. Encontraron que los valores de la frecuencia cardíaca máxima fueron similares en ambos protocolos, siendo ligeramente mayor en las niñas. Tanto el consumo de oxígeno como la velocidad de carrera fue superior en todas las edades cuando se aplicó el protocolo de rampa. Sugieren que la velocidad y la inclinación puede ser utilizado como referencia para establecer las condiciones del protocolo de rampa, al generar una tolerancia mayor en comparación con el protocolo de Bruce.

Karila y cols (2001) establecieron un protocolo de una prueba de esfuerzo cardiopulmonar para aumentar la carga de trabajo en noventa niños de 5 a 17 años que presentaron diversos padecimientos cardíacos y respiratorios. El aumento de la carga de trabajo se adecuó a los sujetos y su cálculo se estimó a partir del máximo consumo de oxígeno. La prueba fue bien tolerada por todos los individuos, el tiempo de duración se mantuvo entre 10 y 12 minutos.

El 65,7% de los niños obtuvieron el consumo de oxígeno pronosticado y el 68,4% cumplió con los criterios para lograr la meseta durante el ejercicio máximo. El valor de la frecuencia cardíaca máxima se presentó en todos los niños. El valor medio máximo del cociente respiratorio fue de 1,06. La frecuencia cardíaca máxima y el consumo de oxígeno logrados hasta el agotamiento son los mejores criterios para evaluar la maximalidad de pruebas clínicas.

Fredriksen y cols (1998) evaluaron cincuenta y ocho niños y adolescentes de ambos sexos, con edades entre 8-16 años recurriendo a los protocolos de Bruce y Oslo. Éste último con una de menor inclinación e incrementos pequeños de las cargas. Los resultados obtenidos de la valoración hecha en el consumo de oxígeno pico ( $VO_{2pico}$ ), la frecuencia cardíaca máxima y concentración de lactato no fueron diferentes entre ambos protocolos, mientras los valores del intercambio respiratorio fueron mayores obtenidos en el protocolo de Bruce. Los autores señalan que criterios como la frecuencia cardíaca máxima, el cociente respiratorio y la meseta alcanzada para estimar  $VO_{2pico}$ , no son fiables, siendo el tiempo de agotamiento el parámetro óptimo para estimar la resistencia aeróbica y el que mejor la discriminó en el protocolo de Oslo.

Maffulli y cols (1994) tomaron como criterio para evaluar la resistencia aeróbica de 280 niños de ambos sexos con edades comprendidas entre los 4 y 17 años, el tiempo de resistencia y la presión arterial, emplearon el protocolo de Bruce hasta el agotamiento. El tiempo de resistencia promedio empleado por los niños fue 15,2 +/- 2,8 minutos y 13,7 +/- 2,3 minutos por las niñas ( $p = 0,001$ ). La presión arterial sistólica aumentó linealmente durante la prueba mostrando valores máximos de 264,3 +/- en 63 niños y 242 +/- en 44 niñas ( $p = 0,01$ ). Los resultados del análisis permitieron establecer que el peso corporal y la edad son mejores predictores del tiempo de resistencia y determinaron que son parámetros de referencia al evaluar niños europeos.

La determinación de la respuesta al ejercicio máximo con el protocolo de Bruce en niños y adolescentes sanos no obesos estadounidenses fue el objetivo formulado por Ahmad y cols (2001). Mediante análisis retrospectivo de estudios de ejercicios basado en criterios metabólico en 347 niños, entre 5 y 18 años revisaron: el tiempo ejercicio de resistencia, ritmo cardíaco, presión arterial y variables metabólicas que compararon por edad y sexos.

Los resultados encontrados indicaron que las niñas mostraron un tiempo de resistencia menor en todas las edades. No hubo diferencia significativa en la frecuencia cardíaca máxima por edad o sexo. La presión arterial sistólica y la presión arterial diastólica aumentaron con la edad, siendo mayor en los niños. El aumento fue significativo en aquellos que estaban por sobre los 13 años de edad. El consumo máximo de oxígeno absoluto y el relativo mostraron tendencias similares en ambos sexos.

Cumming y cols (1978) propusieron el protocolo de Bruce en banda para 327 niños de 4 años de edad de ambos sexos. El estudio se fundamentó en el tiempo de resistencia máxima como único criterio para evaluar la capacidad de ejercicio. El tiempo medio de resistencia en los varones aumentó de 10,4 minutos en los niños entre 4 y 5 años y 14,1 minutos en los de 13 a 15 años. La media del tiempo de resistencia en las mujeres aumentó de 9,5 minutos a la edad de 4 a 5 años de 12,3 minutos para los de 10-12 años. Los registros de la frecuencia cardíaca máxima oscilaron entre 193- 206 latidos por minutos. Las diferencias entre la frecuencia cardíaca máxima y submáxima fueron pequeñas por el factor edad.

Se reportó correlación negativa entre el tiempo de resistencia y la relación peso/talla. Se encontraron correlaciones negativas entre la frecuencia cardíaca y el tiempo de resistencia en las etapas 1 a 3 de la prueba. El coeficiente de correlación de tiempo de resistencia con consumo máximo de oxígeno fue de

0,88. Para fines clínicos el tiempo de resistencia es un indicador satisfactorio cuando se realiza una prueba de esfuerzo.

Marinov y cols (2000) reportan diferencias entre el consumo de oxígeno pico y la respuesta ventilatoria en pre púberes y púberes con protocolos clásicos modificados. Utilizaron el protocolo de Bruce y el Balke modificado para evaluar la respuesta cardiorespiratoria en sesenta niños de 13 años de edad promedio. Los resultados mostraron que el tiempo empleado para cubrir la prueba de Balke fue 21,7 +/-0,6 minutos; el consumo de oxígeno alcanzó un valor de 34,2 +/-1,8 ml/kg/min, debido a los incrementos menores de la carga. El tiempo empleado en el protocolo de Bruce tuvo una duración 14,9 +/-1,1 minutos. El valor más alto de consumo de oxígeno 48,6 +/-2,7 ml/kg/min.

Para el protocolo modificado de Balke los datos revelaron una duración óptima 11 minutos, la meseta del consumo de oxígeno fue 39,4 +/-2,3 ml/kg/min estiman suficientes para evaluar la capacidad de ejercicio en niños. Consideran al protocolo adecuado y fiable para la detección en las pruebas clínicas para grupos de edad pediátrica.

Matecki y cols (2001) proponen para la interpretación de los resultados de evaluaciones ergométricas en niños valores de consumo de oxígeno entre 47 +/- 2 ml/kg/min para los varones y 40 +/- 3 ml/kg/min para las niñas. La interpretación debe considerar la contribución de la variabilidad producto de la estatura, el sexo y la masa corporal.

Sung y cols (1999) estudiaron la respuesta cardiovascular de cuarenta y tres niños de 8 años y cuarenta y siete de 13 años para identificar los factores antropométricos relacionados con la aptitud física. El protocolo de evaluación estuvo integrado por valoración de la capacidad vital forzada, volumen espiratorio forzado 1 segundo; prueba de esfuerzo mediante protocolo de Bruce, el pulso y la presión arterial se registraron antes y después de realizar la prueba, tiempo de

resistencia hasta el agotamiento, se estimación de los equivalentes metabólicos de la energía utilizada y la suma de los pliegues cutáneos.

Los resultados del análisis de regresión múltiple asociaron positivamente la suma de los pliegues cutáneos con la frecuencia del pulso y la presión arterial diastólica en todas las fases de la prueba, y fue negativa con el tiempo de resistencia, equivalentes metabólicos en los niños de 8 años. El grupo de 13 años presentó mayor resistencia que el grupo de 8 y en ambos hubo asociación entre la estatura, la masa corporal y la función pulmonar. Se hace necesario un estudio más extenso para establecer los estándares para niños de todas las edades.

La calidad en la respuesta del niño y del adolescente ante el esfuerzo, bien se denomine de corta duración o anaeróbico y el prolongado o aeróbico guarda correspondencia con la edad cuando se evalúa en términos de tiempo de resistencia, el nivel de madurez sexual y la masa muscular. Chatrath y cols (2002) encontraron que el tiempo de resistencia aumentó con la edad al evaluar una muestra de 303 niños y 222 niñas, sanos y con rango de edad entre los 10 y 12 años. Así mismo, reportaron fuerte correlación negativa entre el índice de masa corporal y el tiempo empleado en la prueba señalando la obesidad como un factor que afecta la aptitud física.

Las influencias del género y la madurez sexual sobre el consumo de oxígeno pico se examinó en una muestra de 93 niños y niñas 83 de 12,2 años +/- 0,4 años edad, (Armstrong y cols 1998). Para estimar el nivel de maduración se utilizó el vello púbico propuesto por Tanner y el consumo máximo de oxígeno se obtuvo mediante un protocolo realizado en banda sin fin.

El consumo de oxígeno pico de los niños fue 2,10 +/- 0,34 litros  $\text{min}^{-1}$  o 52 +/- 6 ml/kg/min significativamente a las niñas 1,92 +/- 0,28 oml/kg/min vs 44 ml/kg/min +/- 5. Con respecto a la masa corporal la diferencia disminuyó de 18,2 a 17,1 pero siguió siendo significativa ( $P < 0,001$ ). No hubo diferencias en el

consumo de oxígeno pico al ( $P < 0,05$ ) pero fue significativa a ( $P < 0,01$ ) para el género y el nivel de maduración. Las diferencias del consumo de oxígeno pico no solo se explican por la estatura de los chicos, el modelo de escala lineal ha probado la influencia de la maduración independiente de la masa corporal.

La masa muscular en los niños es menor que la de los adultos por tanto el desarrollo relativo de las vías aerobias y anaerobias es diferente. Estas condiciones genera las siguientes características fisiológicas: mayor consumo de oxígeno cuando se relaciona con la masa corporal magra; en los niños la potencia anaeróbica máxima desarrollada durante un esfuerzo del tipo fuerza-velocidad es menor que en adultos, aún cuando se exprese por unidad de masa corporal total.

En los niños pre púberes no están presentes las condiciones para catalogarlos como especialistas anaeróbicos o aeróbicos y el perfil bioenergético no logra modificarse por el entrenamiento físico. Fellman y Coudert (1994) afirman que durante la pubertad el metabolismo anaeróbico láctico comienza a desarrollarse de manera significativa, al mismo tiempo que la masa muscular.

El bajo rendimiento anaeróbico en los niños se correlaciona con una menor concentración de lactato muscular y sanguíneo, menor tasa de glucólisis anaeróbica y niveles bajos de acidosis durante el ejercicio máximo. Los mecanismos que explican las características anaeróbicas relativamente deficiente de los niños no están claras, (Bar-Or 1986).

Prioux y cols (1997) estudiaron por tres años niños entre 11 y 17 años. Relacionaron el patrón respiratorio con variables antropométricas, condición física y la fuerza muscular durante la inspiración-espriación de 44 escolares no entrenados, se utilizó la presión inspiratoria y espiratoria máxima como índice representativo de la fuerza de los músculos respiratorios. El estudio de la correlación lineal entre el patrón de respiración máxima, características

antropométricas, condición física y fuerza muscular inspiración-espriación mostró que la masa corporal magra fue el determinante principal de la ventilación máxima, volumen tidal máximo y volumen tidal máximo/tiempo de inspiración máximo, además de mostrar un patrón diferente después del brote puberal.

Los valores del consumo de oxígeno pico se expresan con relación a la masa corporal. En los niños y adolescentes aumenta con el crecimiento y la maduración. Al tratar las diferencias entre las niñas y los niños, en estos se mantiene esta relación durante todo el período de crecimiento, mientras que en las niñas disminuye en la medida que envejecen. Armstrong y Welsman (1994) afirman que la razón se debe al estirón que presentan los varones mientras que en niñas tienden a estabilizarse partir de los 14 años.

Para Malina y cols (1997) la relación entre el consumo de oxígeno y la masa corporal muestra escasa utilidad. En una muestra longitudinal compuesta de 47 niños y 40 niñas inscritos en escuelas deportivas de 11 a 14 años de edad. El consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca fueron valoradas con prueba máxima en cicloergómetro. La distribución de las etapas de desarrollo del vello genital y púbico fueron consistentes con los grado de madurez temprana, media y tardía con base en la velocidad de crecimiento de la estatura. Se utilizó la menarquia para definir la maduración en las niñas: temprana < 12,0 años, n = 7, 10,8 / - 0,6 años, promedio 12,0-12,9 años, n = 20, 12,4 / - 0,3 años y tardía 13,0 - 13,5 +/- 0,4 años. Los niños de maduración temprana mostraron mayor consumo de oxígeno en cada período de observación. Las niñas maduradoras tempranas y promedio no presentaron diferencias en la captación máxima de O<sub>2</sub>, pero tenían un mayor consumo de oxígeno que las maduradoras tardías.

Al expresar el valor por unidad de masa corporal las diferencias entre los tres grupos disminuyó, pero no fue significativo. Las Niñas maduradoras tardías presentaron mayor consumo de oxígeno máximo por unidad de masa corporal que las de maduración temprana y las maduradoras promedio, pero las

diferencias no fueron significativas en todas las edades. Sin embargo, los análisis de covarianza de la primera evaluación con la masa corporal los tres grupos de niños difieren de manera significativa en el  $VO_2$  pico en cada observación, mientras que los tres grupos de las niñas de madurez no se encontró. Concluyen que al eliminar el efecto de la masa corporal sobre el consumo de oxígeno es una metodología de utilidad limitada.

El estudio de Armstrong y cols (1999) tuvo como objetivo examinar la respuesta de la maduración en una muestra de 97 niños sometidos a esfuerzo físico discontinuo. La ejecución de la prueba submáxima no reportó diferencias significativas por sexo ( $P < 0,05$ ), sin embargo los valores del consumo máximo de oxígeno al expresarse con relación a la masa corporal y ajustado mediante alometría indica que los niños presentaron valores superiores ( $P < 0,001$ ).

El efecto de la madurez se notó en el consumo de oxígeno absoluto obtenido en cada etapa de la prueba. En términos de eficiencia los niños tienen desventajas respecto a las niñas cuando mantienen una velocidad de carrera entre 8 y 10 kilómetros por hora, independientemente de la masa corporal el nivel de madurez no influyó en la respuesta al esfuerzo submáximo. Al evaluar la relación del crecimiento y la maduración con el consumo de oxígeno pico ( $VO_2$  pico) en individuos de ambos sexos entre 11 a 17 años, Armstrong y cols (2001) emplearon modelos multinivel centrados en masa corporal, estatura, tríceps y pliegues cutáneos subescapular, la concentración de hemoglobina en la sangre, y consumo de oxígeno pico.

Los autores se fundamentaron en la propuesta de Nevill y cols (1988) que propuso un ajuste de la potencia aeróbica en proporción a la masa corporal y estructuraron la siguiente ecuación:

$$Y = \text{mass}^{k1} \cdot \text{stature}^{k2} \cdot \exp(a_j + b_j \cdot \text{age} + c \cdot \text{age}^2) \epsilon_{ij}$$

Al modificar el modelo queda:

$$\log_e Y = k_1 \cdot \log_e \text{mass} + k_2 \cdot \log_e \text{stature} + a_j + b_j \cdot \text{age} + c \cdot \text{age}^2 + \log_e(\epsilon_{ij})$$

El modelo inicial reveló que la masa corporal, la estatura y la edad fueron las variables influyentes sobre VO<sub>2</sub>pico con un efecto suplementario de la madurez. El valor mostrado por las niñas fue significativamente más bajo que el de los niños. Al tomar en cuenta los pliegues cutáneos se ajustó el modelo propuesto. En cuanto al sexo y la edad el efecto se reduce, pero sigue siendo significativo. La concentración de hemoglobina en sangre fue un parámetro no explicativo en ambas muestras.

La influencia dominante fue de masa libre de grasa en el aumento del VO<sub>2</sub>pico, pero la regresión multinivel demostró que la estatura corporal y la grasa demostraron aumento del VO<sub>2</sub>pico con la edad y la madurez en ambos sexos.

En la figura 8 se muestra el comportamiento del consumo máximo de oxígeno de acuerdo a la edad.

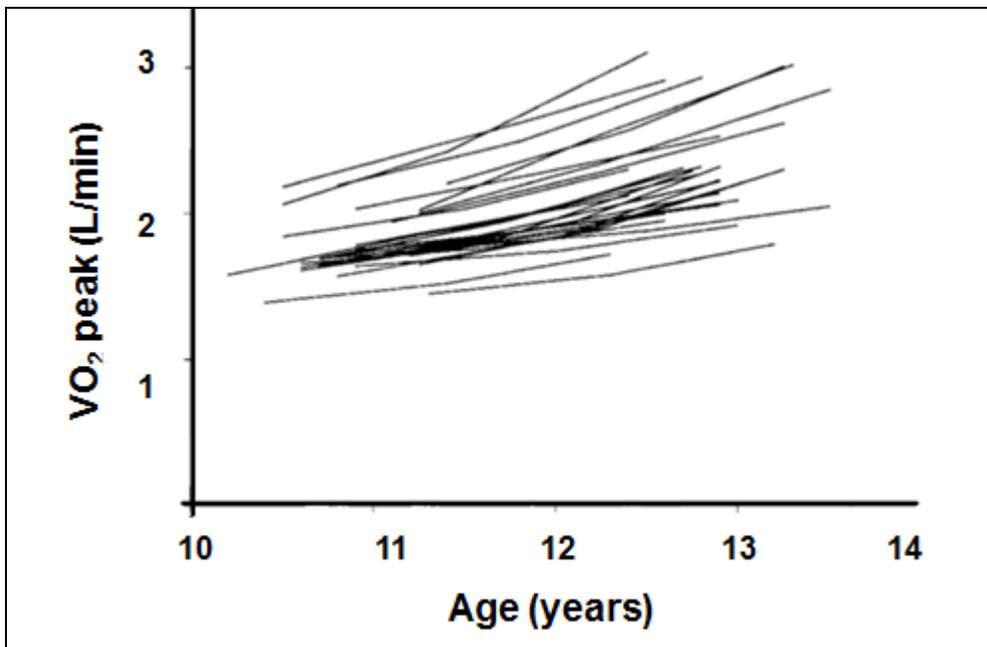


Figura 8. Consumo máximo de oxígeno de acuerdo a la edad. Armstrong y cols (2001).

La generalidad de los estudios concuerda en que la mejor expresión de la capacidad aeróbica lo representa el consumo de oxígeno pico. La discusión se ha planteado en torno a la selección del criterio que resulte confiable para la interpretación de los resultados de las pruebas realizadas en población infantil.

Para algunos autores el consumo de oxígeno pico guarda relación con el tiempo que tarda el individuo evaluado en soportar el esfuerzo. Otros han considerado que el agotamiento es el mejor criterio para determinar la condición de maximalidad de la prueba y es el momento que guarda relación con el máximo consumo de oxígeno.

Sin embargo, establecer el momento en que se alcanza es tema de discusión. Lenk y cols (1998) estudiaron 80 niños sanos, de ambos sexos mediante el protocolo de Bruce, además de registrar frecuencia cardíaca en los niños alcanzó un nivel máximo de 193,38 +/- 10,89 latidos por minuto y en las niñas fue 196,78 +/- 10,99 latidos por minuto en las niñas; la presión arterial sistólica fue mayor en los niños.

Los valores del tiempo promedio de ejecución en la prueba por edad y superficie corporal fueron: 10,01 +/- 1,61 minutos, una media de superficie corporal de 0,75 +/- 0,06 m<sup>2</sup> en los sujetos de cuatro a seis años, en los sujetos de 13 a 15 años el tiempo fue 17,86 +/- 2,66 minutos, superficie corporal promedio de 1,48 +/- 0,10 m<sup>2</sup>. Los datos obtenidos pueden considerarse útiles para la edad, el sexo y estatura en los niños sanos pudiéndose emplear como valores de referencia durante el ejercicio en banda sin fin.

La aparición de meseta o estabilidad de consumo de oxígeno como el indicador de máxima capacidad aeróbica es considerada como otro criterio que describe el punto de alcance máximo del consumo oxígeno, no obstante en niños esta afirmación no se ajusta a los hallazgos de otras investigaciones. Así mismo, se encontró que muchos de los sujetos evaluados no alcanzan la estabilización

del consumo de oxígeno antes de concluir la prueba y en los casos de los individuos que mostraron esta fase no se reportó que presentaran mayores valores de consumo de oxígeno pico ni diferencias significativas entre ambos parámetros, Northridge y cols (1990).

Armstrong y cols (1996), plantean que la estabilización del consumo de oxígeno en ejercicio de alta intensidad convencionalmente se utiliza como criterio para establecer el valor máximo durante la prueba de esfuerzo incremental, sin embargo sólo una minoría de niños alcanza la meseta durante el esfuerzo agotador.

En su estudio evaluaron con tres pruebas hasta el agotamiento dieciocho niñas y diecisiete niños con edad 9,9 +/- 0,4 años con una semana de diferencia entre ellas. En la primera prueba se empleó un protocolo discontinuo, incremental. En la segunda prueba corrieron hasta el agotamiento a la misma velocidad con inclinación de 2,5% mayor que la que había producido en la primera prueba. La tercera prueba se realizó de manera similar pero el gradiente se elevó al 5%.

Siete niñas y niños de 6 alcanzaron una meseta de consumo de oxígeno ( $\leq 2$  ml/kg/min) en la primera prueba, no hubo diferencias significativas con respecto a los datos fisiológicos o antropométricos pico entre los que manifestó la meseta. Los valores medios del consumo de oxígeno pico de la segunda y tercera prueba no aumentaron significativamente en comparación con la primera prueba, aunque el aumento de la contribución anaeróbica fue significativamente más alto en ambas pruebas supramáximal.

Estos resultados indican que el consumo de oxígeno pico fue la expresión del valor máximo a pesar de la ausencia de una meseta de VO<sub>2</sub>. La exigencia de una meseta de consumo de oxígeno máximo en lugar del consumo de oxígeno

pico para considerarse como un índice máximo de la aptitud aeróbica en los niños no es sostenible.

Para mejorar la comprensión de la evaluación e interpretación de la capacidad aeróbica de niños pre púberes Armstrong y cols (1995) diseñaron un estudio con el 70% de los niños de seis años de los 15 colegios públicos de la ciudad de Exeter. Veinte y cinco por ciento de los niños fueron seleccionados al azar entre los que se ofrecieron voluntariamente. Se obtuvo consentimiento por escrito para participar en estudio. Los datos derivados de los 111 niños de 11,1 +/- 0,4 años y 53 niñas de 10,9 +/- 0,3 años los clasifica en el estadio 1 de Tanner, según el vello púbico y la forma de los genitales en los niños, mientras en las niñas la evaluación se enfocó en las mamas.

Se determinó el consumo de oxígeno pico usando un protocolo discontinuo, incremental en tapiz rodante. Se encontró que una minoría de los sujetos alcanzó la meseta del VO<sub>2</sub> aún cuando se incrementó la intensidad del esfuerzo.

No hubo evidencias de que los niños que lograron la meseta del VO<sub>2</sub> presentaran un VO<sub>2</sub>pico significativamente mayor ( $p < 0,05$ ), frecuencia cardíaca máxima, cociente respiratorio y lactato sanguíneo que aquellos que no alcanzaron el estado estable. Los niños tuvieron mayor significancia ( $p < 0,01$ ) del VO<sub>2</sub>pico que las niñas en litros.min<sup>-1</sup> 1,78 vs 1,46 y con relación a la masa corporal fue 51 vs 45 ml/kg/min. Los resultados revelan que la meseta VO<sub>2</sub> no debe utilizarse como exigencia para la interpretación de la prueba de esfuerzo máxima con niños pre púber.

La comparación es favorable respecto a niños de otros países y de similar edad, pero es evidente que los niños tienen un consumo de oxígeno pico por masa corporal mayor que las niñas. Convencionalmente, la expresión de VO<sub>2</sub>pico según la masa corporal no es adecuada, no obstante puede

relacionarse con la estatura corporal.

Rowland y Cunningham (1992) definen el consumo de oxígeno a partir de la estabilización de éste durante una prueba progresiva, afirman sin embargo que la meseta del volumen de oxígeno se observa en menos de la mitad de la población infantil. Con el propósito de conocer la contribución del esfuerzo y la variabilidad en la capacidad aeróbica y rendimiento anaeróbico se evaluaron quince niños de 7 a 10 años con caminata progresiva utilizando un protocolo de rampa en banda sin fin para hasta el agotamiento.

De forma metodológica definieron la meseta del consumo máximo de oxígeno como un cambio del volumen de oxígeno al minuto final de ejercicio inferior a 2 desviaciones estándar por debajo de la media en los últimos aumentos de entre 4 a 5 minutos de carga submáximas. El 33% de los evaluados alcanzaron la meseta.

Con el resto de los parámetros estimados volumen máximo de oxígeno promedio, frecuencia cardiaca y cociente respiratorio no se encontró diferencias significativas entre los sujetos que lograron alcanzar la meseta y los que no la presentaron. Respecto a los resultados de las pruebas de 50 yardas y salto vertical estos fueron similares. Por tanto, el estudio permite concluir que la capacidad aeróbica y anaeróbica no son los factores que explican la presencia o ausencia de la meseta de consumo de oxígeno durante una prueba de esfuerzo en niños, y no debe utilizarse como criterio la meseta del volumen de oxígeno para la definición del consumo máximo de oxígeno durante las pruebas de rutina en este grupo de edad.

La evaluación de las cualidades físicas en la población joven incluye el potencial anaeróbico como lo refiere un número importante de investigaciones. La relación de este componente de la aptitud física con la capacidad aeróbica

ofrece información sobre las características de la respuesta muscular de corta duración y alta intensidad.

En opinión de Bar-Or (1986) al evaluar la información sobre el tema señala que se ha publicado escasa información sobre la influencia del crecimiento y la maduración en la capacidad para realizar actividades anaeróbicas. Los datos revisados por el autor en población africana, italiana británica, americana, mujeres y hombres revelan que la capacidad de realizar trabajo de corta duración y alta intensidad evoluciona con la edad cuando son evaluados con la prueba de Margaria.

En niños, afirma, la potencia mecánica es menor que la mostrada por adolescentes y adultos jóvenes, en valores absolutos y relativos a la masa corporal libre de grasa y en términos absolutos cuando se relaciona con el peso corporal o la masa libre de grasa. En otro grupo de individuos varones entre 10 y 45 años que realizaron el test de Wingate con ergómetros para miembros inferiores y brazos, mostraron que los valores de la potencia pico en cualquier fase de 5 segundos y la potencia media fueron más bajos en los niños expresada en unidades absoluta o relativa a la masa corporal. Así mismo, se confirmó que el rendimiento evoluciona con la edad, en la prueba del cicloergómetro, siendo los valores más altos alcanzados al final de la tercera década y en el ergómetro de brazos al final de la segunda década.

La influencia del impacto de la carga movilizada durante el test de Wingate de 30 segundos en la respuesta que generan grupos de niños y niñas de 6, 8, 10 y 12 años de edad fue estudiada por Carlson y Naughton (1994). La resistencia de frenado correspondió a 0,04, 0,065, 0,075 y 0,08 kilopondios por cada kilogramo de masa corporal. Los autores encontraron que los valores máximos del rendimiento se asociaron con la edad no así con el sexo.

En grupos de niños varones, sanos de 6, 8, 10 y 12 años de edad a los que se aplicó el test de wingate, Naughton y cols (1992) investigaron la variabilidad de los resultados de los tests y reportaron diferencias en los valores máximos y promedios por edad de la potencia pico y potencia media, sin embargo no se encontraron diferencias en el resto de las variables estudiadas.

Al analizar los datos mediante el coeficiente de variabilidad encontraron que fueron del 7,3% para la potencia pico y 6,8% para la potencia promedio, en adultos en la misma prueba se encontraron valores de 6,7 en la potencia pico y 6,5 se obtuvo en la potencia media. El Coeficiente de variabilidad del índice de fatigabilidad en los niños fue 26,7%, diferían sustancialmente de los adultos estudiados que presentaron 10,3%. El rendimiento anaeróbico es limitado cuando se relaciona con el tamaño, siendo mayor en los niños en comparación con las niñas; expresado como potencia máxima aumenta con la edad.

En ese sentido, Gaul y cols (1995) compararon el rendimiento anaeróbico con esfuerzo máximo de 90 segundos en bicicleta ergométrica de 18 niños pre púberes de 11-12 años de edad, etapa 1 y 19 hombres adultos.

La carga máxima tolerable en 90 segundos se fijó en 2,6 J/rev/kg para los niños y 3,8 J/rev/kg de la masa corporal<sup>1</sup> para los hombres. La potencia anaeróbica fue dividida en rendimiento de corto plazo 10 segundos, la capacidad anaeróbica a mediano plazo, trabajo en 30 segundos y capacidad anaeróbica a largo plazo, trabajo en 90 segundos. También determinaron la concentración de lactato durante el reposo y en el segundo y quinto minuto de la recuperación post esfuerzo. La potencia erogada, en términos de diferencias porcentuales se determinó con los cambios mostrados en 5 arranques de 0 a 90 segundos.

Los valores absolutos y relativos, respecto del peso o el volumen del muslo, de capacidad anaeróbica de corta, intermedia y larga duración 33-40% menor en los niños comparada con la reportada por los hombres ( $p < 0,001$ ). El

índice de fatigabilidad fue significativamente mayor en los hombres 32,2% en comparación con el 25,3 % de los niños ( $p < 0,001$ ). Los hombres se fatigaron en mayor proporción aún cuando desarrollaron mayor trabajo y potencia.

La concentración media de lactato en reposo fue similar para ambos grupos, pero mayor ( $p < 0.01$ ) en la fase recuperación de los hombres 13,5 y 12,5 mmol/l versus 9,1 y 8.3, mmol/l de los chicos. El rendimiento anaeróbico de los chicos en comparación con los hombres no es atribuible a la menor resistencia empleada. Aun cuando la resistencia fue 50% más ligera los chicos equivalen al 70% de la utilizada para los hombres. Los resultados no apoyan el argumento de que los niños y los adultos tienen habilidades similares en el corto plazo cuando se corrige tomando la estatura como factor. Los niños pre púberes parecen ser limitados en su capacidad para llevar a cabo el ejercicio anaeróbico a corto plazo, medio y largo plazo en comparación con los adultos.

La influencia de la cota de altura fue considerada en un estudio en el que se comparó el rendimiento anaeróbico en dos muestra de niños, 47 aclimatados a 3.700 metros y 101 que habitan a 330 metros de altitud, el rango de edad de la muestra fue 7 y 15 años, Bedu y cols (1991). A tal fin evaluaron la potencia anaeróbica máxima, consumo de oxígeno, el pico en la concentración de lactato mediante el test de Wingate de 30 segundos y durante la fase de recuperación. No encontraron diferencias entre la potencia anaeróbica máxima la altura y la concentración de lactato. Los hallazgos sugieren que el rendimiento de la fuerza-velocidad no se afecta por la altitud, pero reduce el desempeño en el test de Wingate. Establecieron que la pendiente que relaciona edad, potencia máxima, potencia promedio y concentración de lactato eran los mismos en ambas cotas de altura, demostrando que la hipoxia crónica no alteró el desarrollo del metabolismo anaeróbico durante la pubertad.

Los ajustes inducidos por ejercicios de intensidad moderada y máxima en la cinética del consumo de oxígeno pico ha sido poco estudiada. Scheuermann y

Barstow (2003) evaluaron la respuesta del consumo de oxígeno a diferentes intensidades en 21 sujetos de 25 años de edad, sanos ejercitándose en cicloergómetro.

Se realizaron transiciones en el ritmo de trabajo correspondiente a 90, 100 y 110% de tasa máxima obtenida de un protocolo preliminar en rampa de 15 a 30 vatios por minutos. La cinética del consumo de oxígeno se determinó por el modelo exponencial de dos o tres componentes para aislar la constante tiempo como indicador de la cinética y la amplitud del primer componente rápido independiente de la aparición del componente lento del consumo de oxígeno.

No se encontró diferencias ( $p > 0,05$ ) en los valores de la cinética del consumo oxígeno pico al 90% fue  $24,7 \pm 9$ , al 100%  $22,8 \pm 6,7$  y  $21,5 \pm 9,2$  para el 110%.

La amplitud se incrementó con los aumentos en los porcentaje de tasa de trabajo  $90 = 2,089 \pm 548$ ;  $100 = 2,165 \pm 517$ ;  $Amp_{110} = 2,225 \pm 559$  ml/min; entre el 90 y 110 % hubo diferencia al ( $p < 0,05$ ). La ganancia de la respuesta delta consumo de oxígeno/delta tasa de trabajo disminuyó con el aumento de cada tasa de trabajo:  $90 = 8,5 \pm 0,6$ ;  $100 = 7,9 \pm 0,6$ ;  $110 = 7,3 \pm 0,6 - 1$  ml.min. $W^{-1}$  ( $p < 0,05$ ).

La amplitud del primer componente estuvo aproximadamente entre 85, 88, y 89% del consumo máximo de oxígeno durante las transiciones del 90, 100 y 110% respectivamente. Los resultados demuestran que al comparar entre ejercicio de diferente intensidad la ganancia delta ( $\Delta VO_2 / \Delta$  trabajo) se reduce en las transiciones de alta intensidad, este enfoque se describe bien por el tiempo constante.

### 1.3.2.1 FUERZA MUSCULAR

La evaluación de la fuerza al igual que otra cualidad como la resistencia en individuos con diferentes masa y estatura se ha llevado a cabo considerando sus dimensiones corporales. Carron y Bailey (1974) reportaron correlaciones pequeñas pero significativas entre la fuerza del tren superior e inferior, catalogadas como máximas, relativas al peso corporal y la estatura de niños entre 10 y 16 años.

Los incrementos en la fuerza en el grupo evaluado fueron estadísticamente significativo 11% mayor de lo esperado por crecimiento lineal. Al año siguiente se produjo un incremento máximo con el pico de velocidad de la estatura y el peso corporal. Se mantuvieron estables las diferencias individuales con disminución en los valores de la correlación entre los valores mínimos y máximos. En el grupo de 10 años la varianza fue del 50 % y más altas en el de 15 alcanzando 72%. Al relacionar la fuerza con la estatura no se reporta cambios en el rendimiento. Al descartar el peso corporal no se encontró diferencia por nivel de maduración.

Leatt y cols (1987) al comparar jugadores de 16 y 18 años encontraron que la mayor masa muscular no fue explicada por la estatura. Los jugadores catalogados como sub 18 tuvieron mayores valores de fuerza isocinética en extensión de miembros inferiores, sobre todo en movimientos rápidos y explosivos en comparación con los jugadores sub 16. Atribuyen los resultados a la mayor ganancia muscular a nivel de la cadera y de los miembros inferiores.

En el 2002 Jaric propone el modelo alométrico para evaluar la fuerza fundamentándose en que la generalidad de las investigaciones han utilizado métodos inadecuados para la normalización de los resultados de acuerdo al tamaño corporal y la diferencia en los métodos aplicados no permite la

comparación entre los resultados del rendimiento atlético cuando se evalúa mediante la fuerza. Por ello, recomienda que el parámetro alométrico debe considerar las ecuaciones:  $b = 0,67$  para la fuerza medida con dinamómetro y  $b = 1$  cuando se estima la fuerza con equipo isocinético, así también empleo de índices corporales independientes de la estatura.

### **1.3.2.2 DINAMOMETRÍA**

La fuerza muscular muestra una dinámica lineal relacionada con la edad y está estrechamente relacionada con el área transversa del músculo y con la segunda potencia de la estatura. Hansen y cols (1999) evaluaron las manifestaciones de la fuerza isotónica e isométrica en 110 futbolistas considerados jugadores de elite y no elite con edades entre los 10 y 12 años. Realizaron cuatro evaluaciones en un período de dos años, aplicaron pruebas de salto longitudinal, extensión máxima voluntaria de los extensores de miembros inferiores mediante un dinamómetro de cable, apoyado sobre la espalda, la fuerza isométrica manual se estimó solo en la mano dominante con un dinamómetro, en posición sentado, tomando el mejor de tres intentos.

Los resultados de la evaluación se muestran en las figuras 9 y 10.

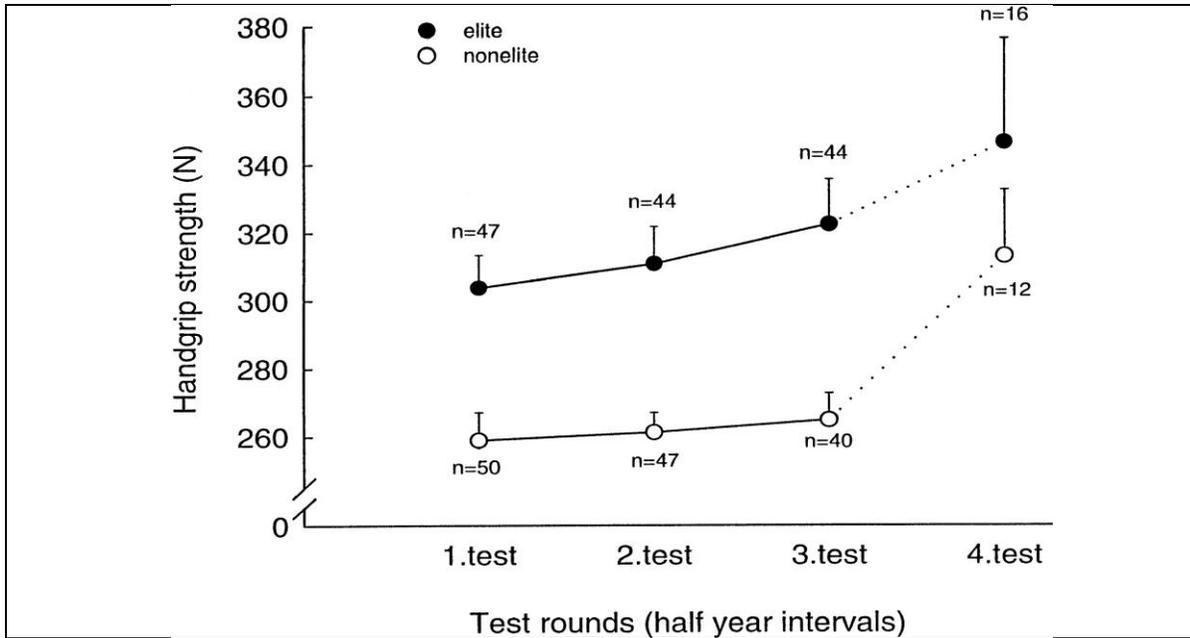


Figura 9. Valores de la fuerza isométrica obtenidos por dinamometría manual en futbolistas adolescentes.

Hansen L, Bangsbo J, Twisk J, Klausen K. (1999).

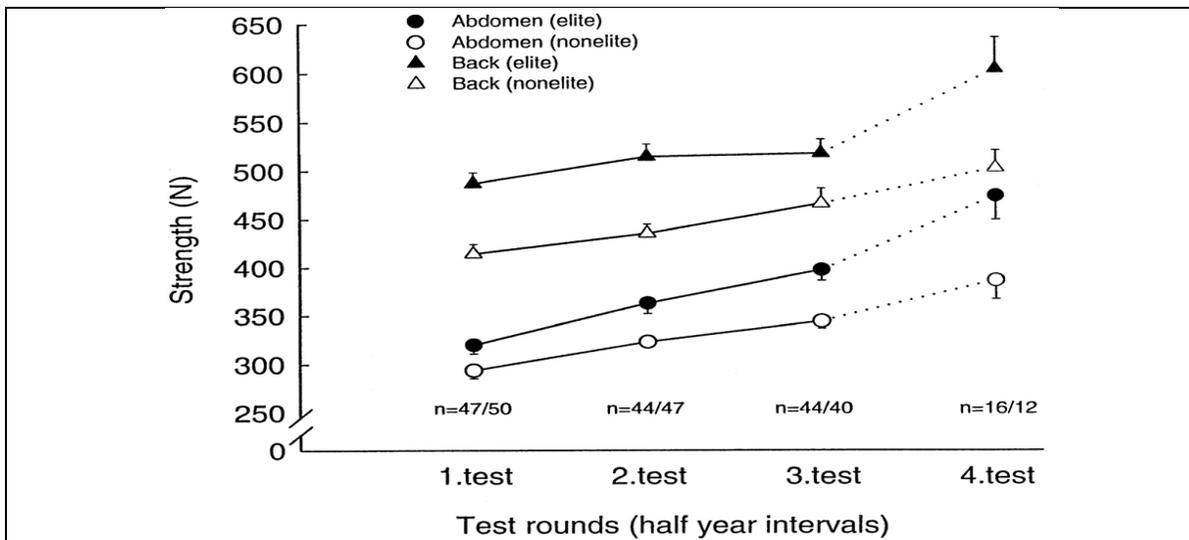


Figura 10. Valores obtenidos de fuerza abdominal y espalda en jugadores de fútbol adolescentes.

Hansen L, Bangsbo J, Twisk J, Klausen K. (1999).

Como se aprecia en los gráficos el desarrollo de la fuerza fue significativo ( $p < 0,001$ ) siendo influenciada por la testosterona y que independiente de la concentración de ésta el nivel de fuerza es mayor en los sujetos considerados jugadores elite en comparación con sus pares no elite.

La evaluación muscular en niños ha servido como orientación para estimar las características de las condiciones nutricionales, composición corporal y la calidad del crecimiento relacionado con la aptitud física. Se han establecido una serie de baremos a partir de la evaluación realizada por dinamometría en ambas manos, de acuerdo con el sexo, la edad, estatura y variables antropométricas como estatura y peso corporal.

Al respecto Sartorio y cols (2002) evaluaron la fuerza máxima de agarre en 278 niños de ambos sexos, de 5 a 15 años de edad distribuidos en: grupo 1, edad 7,6  $\pm$  0,9 años, estadio 1 Tanner. Grupo 2, edad 10,8  $\pm$  0,7 años, etapas 2-3 de Tanner. Grupo 3, edad 13,2  $\pm$  0,9 años, etapas 4-5 de Tanner. También valoraron la composición corporal, peso, estatura, superficie corporal, índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal y la masa libre de grasa en todos los sujetos. De los resultados obtenidos se manifestó un aumento progresivo de los valores en las variables antropométricas desde el as edades inferiores hasta la mayor. Hubo diferencias significativas entre sexos con relación a la grasa corporal, las chicas reportaron mayor porcentaje de grasa en comparación con los varones.

Se detectó una relación curvilínea en ambos sexos, entre la fuerza de agarre y la edad, con el mejor ajuste para la mano dominante (d) dada por las ecuaciones:  $DHG = 5,891 * 10 (0,051)$  la edad,  $r^2 = 0,986$ ,  $p < 0,001$  en los niños y  $DHG = 6,163 * 10 (0,045)$  Edad  $r^2 = 0,973$ ,  $p < 0,001$  en las niñas. El aumento del nivel de fuerza manual después de 11 años parece ser más pronunciado en los chicos en comparación con las chicas.

Hubo diferencia de un 10% entre la mano dominante y la no dominante en ambos grupos. Las diferencias en la fuerza de aprehensión dependieron de la edad y el sexo, sin embargo al relacionarse con la masa libre de grasa esas diferencias se pierden. La regresión lineal múltiple indicó que la fuerza de aprehensión se correlacionó positivamente ( $p < 0,001$  todos los valores de la correlación) con el índice de masa corporal, la superficie corporal, la estatura, y la masa libre de grasa. El valor más significativo fue reportado entre la fuerza de agarre y la masa libre de grasa sin diferencias atribuibles al sexo.

Concluyen los autores señalando que los aumentos de la fuerza dependen de la edad y de las diferencias por género y están fuertemente relacionados con los cambios que ocurren durante la infancia. El estudio proporciona un valor estándar normativo de la fuerza máxima de agarre para niños sanos del norte italiano.

Newman y cols (1984) establecieron los baremos de un grupo de 1417 chicos entre 5 y 18 años. Aplicaron prueba de fuerza de agarre con dos intentos en cada mano registrando el promedio y la fuerza pico. Reportaron que las niñas generaron valores más bajos que los niños y mantuvieron el aumento lineal hasta los 13 años, a partir de entonces se mantiene y que a los 18 años los chicos disponen de un nivel de fuerza sesenta por ciento mayor que las chicas.

Proporcionar normas para la fuerza de prensión en 530 niños suecos entre 4 y 16 de edad fue el objetivo de Häger-Ross y Rösblad (2002). Emplearon un dinamómetro que permitió calcular la fuerza de presión sostenida en período de 10 segundos. Hasta los 10 años el nivel de fuerza de aprehensión obtenido en niñas y niños es similar, la relación es curvilínea entre ambas. A edad mayor los niños fueron significativamente más fuertes.

Se observó alta correlación entre la fuerza de agarre y el peso corporal, estatura y longitud de la mano. Los niños diestros fueron más fuertes en su mano dominante que los siniestros, no se encontró diferencia en los valores entre

ambas manos. En los derechos el valor de fuerza máxima fue mayor en un 10% de la mano dominante, mientras en los zurdos fue similar. Los datos normativas de la fuerza de agarre máximo fueron ligeramente inferiores a los datos de 1980 de los Estados Unidos y Australia, probablemente por la disparidad en la edad de los grupos y los instrumentos utilizados. Estos datos permitirán a profesionales de la salud para comparar la puntuación de un paciente con los de niños desarrollados de acuerdo a edad, sexo, uso de las manos y las medidas antropométricas.

Las estimaciones de la fuerza muscular pueden brindar información sobre el crecimiento y desarrollo infantil. Butterfield y cols (2009) evaluaron la fuerza de agarre en 736 niños de ambos sexos de 5 a 19 años. Utilizado un dinamómetro Jamar para medir la fuerza de agarre. Emplearon ecuaciones de regresión múltiple para analizar la información. En general, las tendencias por edad y sexo fueron similares a los encontrados anteriores y mostraron aumentados en su desempeño en diversas edades.

A partir de 12 años de edad la fuerza de agarre promedio de los niños aumentó a un ritmo más rápido que en las niñas. Sin embargo, los grupos que se desempeñaron mejor fueron los que se ubicaron en el rango 13-19 años. Es posible que se encuentren asociaciones entre la actividad y la fuerza de agarre que aún hoy se discuten.

Robertson y Deitz (1988) encontraron que la relación es lineal con la edad. En su investigación descriptiva sobre la fuerza de prensión esférica en 380 niñas y niños de 3 a 5,5 años de edad, utilizaron el Vigorimeter Martin con el fin de proporcionar datos preliminares. La media de tres ensayos fue utilizado para determinar la puntuación de fuerza de agarre en cada mano. Se alternó la mano derecha e izquierda durante la prueba para permitir un descanso 20 segundos entre los ensayos.

Los resultados mediante análisis múltiple de varianza indicaron que las puntuaciones media aumentaron linealmente con la edad ( $p < ,001$ ) y que la puntuación de la fuerza de agarre de la mano derecha fue mayor que la izquierda ( $p < 0,001$ ). Fueron elaborados dos tablas de puntuaciones medias y desviaciones estándar de la fuerza de agarre para uso clínico. La diferencia de la fuerza atribuida al sexo estuvo relacionada con los cambios que ocurren durante la infancia. El uso de datos normativos de la fuerza de agarre en el seguimiento del crecimiento fue dificultoso por la influencia de la maduración neuromuscular.

Molenaar y cols (2010) propusieron desarrollar un modelo de aumento de la fuerza de prensión en niños, similar a los empleados en centros de bienestar infantil para observar el crecimiento normal. Midió la fuerza de prensión, de la mano dominante, el sexo, la estatura y el peso corporal de 225 niños de 4 a 12 años de edad. Para la elaboración de curvas emplearon modelos estadísticos con los registros por separado de ambas manos de niños y niñas.

En todo el grupo la mano dominante produjo mayor fuerza de agarre que la no dominante y los niños fueron más fuertes que las niñas, los valores en ambas manos aumentaron con la edad. Debido a que las mediciones de la fuerza de agarre se acompañaron de una variación muy importante, los diagramas de crecimiento permiten observar mejor el desarrollo de la fuerza de agarre correspondiente a una determinada edad, así como también corroborar el dimorfismo sexual significativo a partir de los 12 años con aumento rápido de la fuerza en los varones, (Butterfield y cols 2009).

Para Marrodán y cols (2009) la fuerza de aprehensión fue considerada como una prueba importante para evaluar la aptitud física y el estado nutricional. Y fue determinante en la profundización del conocimiento de la variabilidad de esta cualidad, de acuerdo con la edad, género, tamaño y composición corporal.

Con el propósito de elaborar un conjunto de normas referenciales aplicable a la población española en 2125 sujetos de ambos sexos (1176 niños y niñas 949) entre los 6 y 18 años evaluaron la fuerza de ambas manos con un dinamómetro digital ajustable. Se registraron peso corporal, estatura, circunferencia del antebrazo y espesor de pliegues cutáneos, se estimó índice de masa libre de grasa, porcentaje de músculo y grasa total, grasa del área del antebrazo.

Se analizó la variabilidad ontogénica y sexual de la fuerza dinamométrica a partir de una tabla que contenía la media, desviación estándar y la distribución porcentual de la fuerza por edad y el género. De los resultados se obtuvo que la fuerza de aprehensión se incrementa con la edad y se observa un dimorfismo sexual significativo desde los 12 años de edad. La correlación entre la fuerza estática, la masa libre de grasa o el área del músculo del brazo fue muy fuerte que las encontradas con las variables tamaño o índice de masa corporal. Las tablas diseñadas con valores de crecimiento normales de niños y adolescentes españoles sanos podrían ser utilizadas como un patrón de referencia.

En un grupo de sujetos entre los 7 a 19 años la correlación entre fuerza de aprehensión de ambas manos y edad fue positiva, sin embargo resultó correlación negativa a partir de los 20 años hasta los 73, (Clerke y Clerke 2001). Otro estudio que consideró la relación con variables antropométricas de sujetos entre 8 y 11 años se examinó la relación de fuerza de la mano y de variables antropométricas, composición corporal total y de la mano, la densidad mineral de huesos de la mano y el contenido mineral óseo.

Se estimaron las variables: estatura, masa corporal e índice de masa corporal; pliegues cutáneos del tríceps y bíceps relajado y flexionado, el antebrazo y la muñeca la longitud del húmero acromio-radial, y la amplitud estilo radial y stylium dactil. El porcentaje de grasa corporal, de la mano derecha, masa grasa y masa magra se midieron por absorciometría de rayos X. Se analizaron la

densidad mineral y el contenido mineral en huesos la mano. La fuerza máxima de la mano derecha se midió con el dinamómetro de mano.

El análisis por regresión múltiple indicó que la variable predictiva más importante fue la estatura, explicando el 76,1%, 40,7% y 50,6% de la fuerza de prensión en niños, niñas y el grupo respectivamente. Los pliegues cutáneos y diámetros medidos no se relacionaron con la fuerza de agarre en ningún grupo. La anchura del antebrazo explica significativamente los valores de fuerza en los varones 30,8%, 43,4% niñas y 43,4% para el grupo total.

La fuerza de prensión fue más dependiente de las variables antropométricas y composición corporal en niños que en niñas. En definitiva la estatura, circunferencia del antebrazo, la longitud stylio-dactylio media, acromial-radial y la densidad y contenido mineral de la mano son los factores que influyen en la fuerza de prensión en niños pre púberes. El estudio arrojó que el mejor factor predictivo fue la estatura, (Jürimäe y cols 2008).

### **1.3.2.3 POTENCIA MUSCULAR**

Vandewalle y cols (1987) describen entre las características de las pruebas estándar de esfuerzo anaeróbico como de capacidad anaeróbica y potencia anaeróbica. Su ejecución comprende pruebas de fuerza-velocidad, saltos verticales, ascenso en escaleras y pedaleo en cicloergómetros. Existe una importante variedad de protocolos, pero en términos generales presentan buena correlación.

Otros elementos de discusión encontradas están referidos a si la potencia instantánea o potencia media son similares en todos los protocolos, la contribución de los miembros inferiores es simultánea o cíclica; se logra la estimación de la potencia máxima al inicio del esfuerzo o transcurridos varios segundos o se toma en cuenta la inercia del ergómetro.

En el caso del trabajo total estimado en la prueba de Wingate, éste depende probablemente de la potencia glucolítica y aeróbica, así como la capacidad anaeróbica. La disminución de los valores de la potencia o índice de fatigabilidad parece no ser fiable con dependencia de la potencia aeróbica y del porcentaje de fibra rápidas. En todo caso la selección de una prueba anaeróbica depende de los objetivos de estudio y de su aplicabilidad.

Los mecanismos que explican las características anaerobias relativamente deficiente en los niños no son del todo claros. No ha recibido la misma atención de los investigadores el estudio de ejercicio de intensidad muy breve de alta durante el crecimiento y la maduración, como la función aeróbica. Los estudios sobre producción de energía de corta duración señalan que se produce un incremento importante desde la infancia y la adolescencia acentuándose el mecanismo glucolítico anaeróbico.

La explicación a esta diferencia entre niños y adolescentes parece tener su origen en factores neuromusculares, hormonales y la mejora de la coordinación motora, en lugar de una reducción en la producción de lactato. En los niños variables bioquímicas como la concentración máxima de lactato muscular han generado baja correlación con el rendimiento y niveles más bajos de la acidosis por ejercicio máximo.

El desarrollo incompleto del metabolismo anaeróbico especialmente láctico puede resultar de la reducción de las actividades de enzimas anaeróbicas como la deshidrogenasa láctica, fosfofructoquinasa y la concentración de glucógeno. Durante la pubertad, metabolismo láctico comienza a desarrollarse de manera significativa, al mismo tiempo que la masa muscular. Se ha sugerido que las hormonas sexuales testosterona, estrógenos y otros factores de crecimiento están presentes en este fenómeno, (Fellmann y Coudert 1994).

En un estudio con 100 niñas y 97 niños de 12,2 años Armstrong y cols (1997) describieron el rendimiento anaeróbico mediante el test de Wingate y la maduración usando los índices del vello púbico de Tanner y la concentración de testosterona en la saliva de los varones. Los resultados indican que la maduración fue el principal factor significativo para potencia pico y la potencia promedio expresada en valores absolutos y relativos a la masa corporal corregida por alometría.

De la misma manera no encontraron correlación entre la testosterona y el lactato y tampoco se observaron efectos del sexo o la maduración en el lactato sanguíneo posterior al esfuerzo. Concluyen que la maduración sexual influye en la potencia pico y la potencia promedio independientemente de la masa corporal, sin embargo no se probó su efecto en la concentración del lactato sanguíneo al concluir la prueba.

Dotan y cols (2003) compararon la recuperación y la dinámica del lactato en 14 niños y 12 adultos con ejercicio máximo en concentraciones diferentes y similares. El valor del consumo de oxígeno fue corregido por la masa corporal en ambos grupos. Las concentraciones de lactato registradas una vez realizado el test de Wingate fueron 10,7 mmol/l para los niños y 14,7 mmol/l para los adultos, ( $p < 0,001$ ). Los adultos fueron reexaminados con una versión corta de la prueba generando concentración de lactato alrededor de 10,5 mmol/l similares a la alcanzada por los niños.

La eliminación del lactato fue similar entre los grupos en todas las condiciones presentadas por los sujetos. Los autores concluyen que en los niños el tiempo es menor para alcanzar altas concentraciones de lactato sanguíneo después de una prueba supramáxima de 30 segundos, sin embargo el aclaramiento no se diferencia al de los adultos. En comparación con los adultos, la masa muscular en los niños es menor y el desarrollo relativo de las vías aerobias y anaerobias es diferente. El empleo de escala alométrica permite

comparar el rendimiento anaeróbico de hombres y mujeres utilizando las extremidades corporales superiores y los inferiores.

En una investigación comparativa entre género Blimkie y cols (1988) se propusieron describir las características de la potencia anaeróbica en 100 niños, con edades entre 14 y 19 años. Se determinaron la potencia pico y la potencia media con el test de Wingate en brazos; peso libre de grasa por el método de los pliegues dérmicos y el volumen magro de brazos por el desplazamiento del agua y corregido por el volumen grasa.

Se encontró en los resultados que la potencia pico y la potencia media aumentaron con la edad en los varones ( $p < 0,05$ ) no así en las niñas. Cuando se corrigió por el volumen del tejido magro los valores fueron significativamente altos en los chicos de mayor edad, no hubo variación en las niñas.

Los valores absolutos de la potencia pico y la potencia media correlacionaron de manera alta en los niños con el volumen magro  $r=0,82$ ;  $r=0,75$  y con la masa libre de grasa  $r=0,84$ ;  $r=0,78$ . En las niñas se reportó  $r=0,60$  y  $r=0,49$  para el volumen magro y  $r=0,78$  y  $r=0,60$  para la masa libre de grasa. Estos resultados confirman que la potencia pico y la potencia media de brazos guarda relación con el volumen de tejido magro y peso libre de grasa, especialmente en los niños.

Para Weber y cols (2006) las variables fisiológicas deben estar relacionadas con las dimensiones corporales de acuerdo al tamaño del cuerpo para permitir comparaciones significativas entre los grupos. Estudiaron el rendimiento anaeróbico de brazos y piernas de 10 hombres y mujeres activos con la prueba Wingate de 30 segundos. Los valores de la musculatura inferior del cuerpo piernas, glúteos, brazos y la parte superior del torso se tomaron por análisis de absorciometría de rayos X de doble energía.

Los resultados señalan que la masa corporal fue el mejor predictor de la potencia pico y la potencia promedio con valores  $r = 0,93$  y  $0,96$  en piernas y brazos. Las diferencias por sexo se expresaron en términos absolutos y relativos a la masa corporal. Al procesar los datos de la potencia con escala alométrica mediante la relación potencia/masa corporal se anularon las diferencias por género en la prueba realizada con las piernas, pero se mantuvo a nivel de los brazos. En definitiva la potencia anaeróbica del tren superior e inferior del cuerpo se ajustan mejor con la masa corporal. De la misma manera, si los métodos estadísticos empleados son adecuados para describir las diferencias de la masa corporal, potencia pico y potencia promedio erogado del ciclismo para hombres y mujeres.

El rendimiento de intensidad máxima y corta duración en términos absolutos y en relación a la masa corporal es menor en niños que en adolescentes. En actividades o eventos deportivos anaeróbicas como el sprint, los saltos y la carrera correr, el rendimiento de los niños es claramente inferior a la de los adultos, (Van Praagh y Doré 2002), ver figuras 11, 12 y 13.

Representative values of leg cycling power in girls and boys							
Study	Participants	Sample	Mean age (y)	Test	Ergometer	PP (W)	relPP (W/kg)
Van Praagh et al. <sup>(49)</sup>	NSAC	19 M	7	FVT (multiple sprints)	Frictional	146	5,8
		15 F	12	FVT (multiple sprints)	Frictional	310	7,4
		10 M	12			415	9,7
Bar-Or <sup>(81)</sup>	Noathletic	144 F	12	WAnT	Frictional	302	8,5
			11				
Davies and Young <sup>(27)</sup>	NSAC	10 F and M	11.8	Single revolution	Isokinetic	1283	32,7
Doré et al. <sup>(52,82)</sup>	NSAC	569 F	8	FVT (one sprint)	Braking forcé + Inertial force	182	7,1
			20			604	10,5
			537 M			8	195
Martin et al. <sup>(54)</sup>	Noathletic	21 M	8 –	FVT (one sprint)	Inertial-load	417	12,4
			12				
	Noathletic	21 M	12-20			1060	15,9
Williams and Keen <sup>(39)</sup>	NSAC	13 M	14.7	FVT (multiple sprints)	Isokinetic	696	13,4

Figura 11. Valores de la potencia de piernas obtenida por cicloergómetro en niñas y niños.

Van Praagh E, Doré E. (2002).

Youth power scale as a function of age, gender and type of exercise.							
Study	Participants	Gender	age (y)	Activity (ergometer)	Duration (sec)	PP (W)	relPP (W/kg)
Van Praagh et al. <sup>(49)</sup>	NSAC	M	7	Cycling (frictional)	>10	146	5,8
Fargeas et al. <sup>(28)</sup>	NSAC	F and M	8	Running (non-motorised treadmill)	<10	197	6,8
Bar-Or <sup>(81)</sup>	NSAC	M	12	Cycling (frictional)	5	280	
Van Praagh et al. <sup>(25)</sup>	NSAC	F	12	Cycling (frictional)	5-8	310	7,4
Margaría et al. <sup>(68)</sup>		F and M	10-15	Running upstairs	4-5	400	10,0
Van Praagh et al. <sup>(25)</sup>	NSAC	M	12	Cycling (frictional)	5-8	415	9,7
Davies and Young <sup>(27)</sup>	NSAC	F and M	11	Vertical jumping (force platform)	0,2	711	18,1
Doré et al. <sup>(82)</sup>	NSAC	F	20	Cycling (without inertia)	3	821	14,1
Martin et al. <sup>(54)</sup>	Noathletic	M	20	Cycling (without inertia)	3	1060	15,9
Ferretti et al. <sup>(11)</sup>		F and M	8-13	Vertical jumping (force platform)	0,004	1103	31,6
Davies and Young <sup>(27)</sup>		F and M	11	Cycling isokinetic	Single revolution	1283	32,7
Doré et al. <sup>(52)</sup>	NSAC	M	20	Cycling (without inertia)	0,02	1323	19,2
Davies and Young <sup>(27)</sup>		M	22	Cycling isokinetic	3	3087	
Grassi et al. <sup>(88)</sup>	Power Athlete	M	20	Vertical jumping (force platform)	0,004	>6500	90,0

Figura 12. Rendimiento anaeróbico de niños, adolescentes y adultos. Van Praagh E, Doré E. (2002).

Representative values of jump power and squat jump height performance in girls and boys								
Study	Participants	Sample	Mean age (y)	Ergometer	SJ height	PP (W)	relPP (W/kg)	V <sub>max</sub>
Davies and Young <sup>(27)</sup>	NSAC	10 F and M	11	Force plate		711	18,1	200
Ferretti et al. <sup>(11)</sup>	NSAC	13 F and M	8-13	Force plate		1103	31,6	4
Bosco <sup>(83)</sup>	NSAC	37 M and F	7-17	Contact mat	20-32			280-320
Paasuke et al. <sup>(84)</sup>	Noathletic	14 M	11,4	Force plate	27 <sup>a</sup>			
		14 M	16,4	Force plate	27 <sup>a</sup>			
		401 F	8	Contact mat	19			
Doré et al. <sup>(82)</sup>	NSAC		20		26			
		460 M	8		20			
			20		38			
Diallo et al. <sup>(86)</sup>	Soccer players	20 M	12	Contact mat	27.3			

a Data are extrapolated from graphs.  
 F = femeles; M=males; NSAC=normal school-aged children; PP= peak power; relPP= relative peak power correted for kilogram body mass; SJ height = squat jump height; Vmax= maximal contraction velocity.

Figura 13. Valores de la altura y potencia de salto en niñas y niños. Van Praagh E, Doré E. (2002).

Beneke y cols (2007) analizaron el desempeño en el test de Wingate y el rendimiento metabólico de diez niños de 11,8 años, estatura 1,51 metro y masa corporal de 36,9 kg y masa magra de 13 kg; diez adolescentes de 16,3 años, estatura 1,81 metro, 67,3 masa corporal y 28,2 kg de masa magra. Al relacionar la potencia de aceleración con la masa corporal se encontró que los valores de la potencia pico, potencia media, potencia mínima y el componente anaeróbico láctico fueron menores en los niños ( $P < 0,05$ ). No hubo diferencia en cuanto al lactato muscular.

Cuando se comparó el rendimiento de los niños se encontró que estuvo influenciado por la fuerza inercial de la masa volante, no obstante fue idéntica la relación fuerza resistencia con la masa corporal. Durante este período, el metabolismo aeróbico se mantiene sin cambios. En los niños pre púberes no hay ni especialización aeróbica ni anaeróbica: el rendimiento anaeróbico más alto se asocia con un mayor consumo máximo de oxígeno.

La tendencia en la estimación de la potencia muscular durante la etapa infantil y adolescente se ha enfocado en la energía de corta duración con pruebas estandarizadas. Entre las mayoritariamente empleadas están las que se realizan en el cicloergómetro y el salto vertical, sin embargo ninguna puede considerarse como ideal debido a las limitaciones que presenta cada una. Es importante destacar el progreso en el empleo de herramientas de la biología molecular como la disección genética del fenotipo sobre rendimiento humano y técnicas no invasivas como la resonancia magnética nuclear y la espectroscopia de resonancia magnética para determinar las posibles diferencias en los compuestos de fosfóricos de las fibras de contracción rápida y contracción lenta.

Para Inbar y Bar Or (1986) el conocimiento sobre las características anaeróbicas en edad infantil se visto afectado por la escasa información se ha publicado sobre los efectos del crecimiento, el desarrollo y la maduración en la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad y corta duración. Así mismo, las mediciones directas de la capacidad de las vías energéticas anaerobia en etapa infantil presentan varias dificultades éticas y metodológicas. En todo caso, la potencia máxima anaeróbica desarrollada en pruebas de fuerza-velocidad y Wingate es menor comparada con los adultos aún si se expresa por unidad absoluta o relativa.

El nivel de rendimiento infantil se ha caracterizado en población normal, sin embargo otros factores presentes pueden brindar nueva información. La obesidad infantil se considera un elemento negativo en el desarrollo de las capacidades físicas. Sartorio y cols (2006) estudiaron el rendimiento muscular anaeróbico en 306 niños obesos (141 varones y 165 hembras) con edades entre 10 y 17 años, el rango del índice de masa corporal estuvo entre 28,9-62,0 kg/m<sup>2</sup>.

Se empleó la prueba de Margaria para evaluar la potencia de miembros inferiores, la composición corporal se realizó por análisis de bioimpedancia para establecer relación entre la potencia y la masa libre de grasa.

La potencia erogada aumentó significativamente por edad y grado de obesidad, ( $p < 0,001$ ), no se encontraron diferencias entre niños y niñas de los grupos 10-11 y 12-13 años (post hoc  $p > 0,05$ ). Los niños del grupo 14-15 y 16-17 resultaron los más potentes que las niñas de la misma edad ( $p < 0,001$ ).

Los valores relativos de potencia por kilogramo de masa corporal fue mayor en los chicos ( $p < 0,001$ ) de todos los grupos ( $p > 0,05$ ). Hubo correlación entre la potencia y la masa libre de grasa de 0,66 ( $p < 0,001$ ). En las niñas es menor la capacidad de hacer trabajos rápidos y explosivos para todos los grupos de edad. Se concluye del estudio que hubo diferencias en la potencia absoluta en niños y niñas obesos hasta los 13 años, pero en los grupos de mayor edad hay variabilidad por género y relacionado con la composición corporal.

Otras limitaciones físicas como la invidencia es motivo de comparación del rendimiento anaeróbico con población normal. En ese sentido Zwierzchowska y cols (2007) compararon cuarenta y ocho niños ciegos de edades comprendidas entre 10 a 16 años con las referencias establecidas por Inbar, Bar Or y Skinner.

Se conformaron en tres grupos de 10, 13 y 16 años de edad, para evaluar la capacidad anaeróbica se aplicó el test de Wingate sobre cicloergómetro. Los valores promedio de la potencia relativa para cada grupo de edad fue 5,46, 7,86 y 7,81 watio/kg en los varones y 4,2, 6,43 y 6,27 watio/kg para las niñas. Fueron significativamente mayores ( $p < 0,1$ ) en los grupos de 13 y 16 años en comparación con los de 10 años de ambos sexos. Todos los valores fueron significativamente menores que los de las referencias.

En conclusión afirman que la capacidad anaeróbica máxima de niños ciegos aumenta significativamente entre los 10 y 13 años y se estabiliza hacia los 16. Se observa similar tendencia del desarrollo de la capacidad anaeróbica entre alumnos ciegos y deficientes visuales. El nivel de capacidad anaeróbica mostrado

por los niños ciegos es significativamente menor que los niños videntes. Los valores más bajos fueron alcanzados por los niños ciegos de menor edad.

Beneke y cols (2005) estudiaron la cinética de la concentración del ácido láctico en 39 sujetos 15 niños, 12 adolescentes y 12 adultos. Todos realizaron el test anaeróbico de Wingate de 30 segundos en un cicloergómetro Monark 834 E, la resistencia aplicada correspondió a 7,5% del peso corporal, se tomaron muestras de sangre capilar ante, durante y después de la prueba para determinar las concentraciones de lactato. Los valores están reflejados en las figuras 14 y 15.

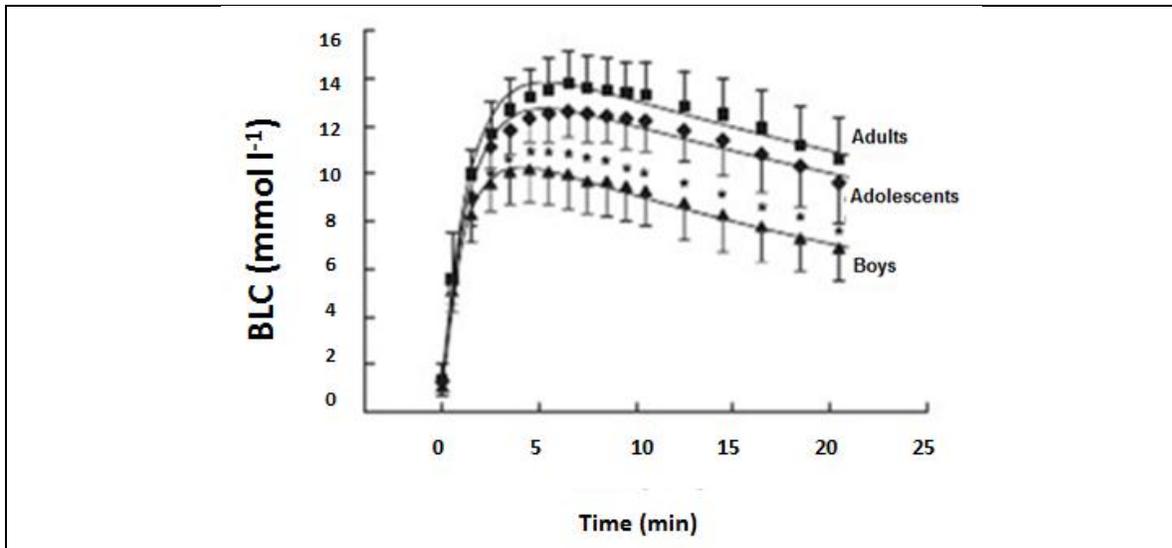


Figura 14. Representación gráfica de la respuesta del lactato sanguíneo antes, durante y después de realizar el test de Wingate.

Beneke Ralph, Hutler Matthias, Jung Marcus, and Leithauser M Renate (2005).

Los resultados obtenidos indican que la concentración de lactato fue menor ( $p < 0,05$ ) en los niños en comparación con el grupo de adolescentes y adultos.

WAnT performance						
	Boys		Adolescents		Adults	
AP, W/kg	7,9	0,6	8,9	0,6*	8,7	0,6*
PP, W/kg	10,7	0,9	11,5	0,6	12,1	1,2*
MP, W/kg	6,0	0,6	6,9	0,8*	6,4	0,7
PD, W/kg	4,7	1,0	4,6	1,0	5,7	1,5†
APMM, W/kgMM	22,1	1,7	21,3	1,4	20,7	1,5
PPMM, W/kgMM	29,9	2,7	27,5	1,8	28,8	2,9
MPMM, W/kgMM	16,8	1,8	16,5	2,0	15,2	1,7
PDMM, W/kgMM	13,1	2,7	10,9	2,4	13,6	3,5

Values are meansSD. AP, average power; PP, peak power; MP, minimum power; PD, power drop. \*Significantly different from boys; †significantly different from adolescents (P 0.05).

Figura 15. Valores absolutos y relativos en promedio y desviación estándar de potencia pico, potencia promedio, potencia mínima y descenso de la potencia en niños, adolescentes y adultos.

Beneke Ralph, Hutler Matthias, Jung Marcus, and Leithauser M Renate. (2005)

La diferencia en la cinética de la concentración del lactato sanguíneo entre niños, adolescentes y adultos parece reflejar un menor aumento del lactato extravascular generado por el ejercicio máximo de corta duración y por su rápida eliminación.

#### 1.3.2.4 SALTABILIDAD

El salto de altura vertical es de uso frecuente por los entrenadores, profesionales de la salud, y del acondicionamiento físico para medir objetivamente la potencia de los miembros inferiores. Es una cualidad presente en deportes como el baloncesto, fútbol y voleibol en los que el gesto del salto es una expresión del trabajo muscular instantáneo, también como prueba de campo para el levantamiento de pesas. La ejecución de los miembros inferiores coadyuva con el logro de la máxima altura o longitud necesaria.

El rendimiento en las pruebas de saltabilidad está relacionado con la estructura muscular, el grado de formación del atleta, factores biomecánicos, género, la fuerza máxima, la potencia y la influencia de la posición del jugador en el juego. Algunos autores centraron sus investigaciones en establecer las diferencias de género y la arquitectura muscular en la ejecución del salto. Muchas de las diferencias en la potencia y otros parámetros envueltos se puede atribuir a las a las variables mencionadas anteriormente y fundamentalmente en los músculos extensores.

Son variados los intentos por estandarizar una prueba a partir de dispositivos como plataformas de salto, alfombras de contacto y sistemas de registro con vídeo cámaras. De la misma manera, se han ensayado con ecuaciones de manera que se estime en las mejores condiciones de ejecución, para la obtención de baremos que orienten con criterios objetivos el proceso de selección.

McIntyre y Hall (2005) estudiaron el rol de la posición del jugador entre defensas, delanteros y centrocampistas en 28 futbolistas de elite mediante pruebas de salto y pedaleo. Al comparar los resultados observaron similitud en el rendimiento entre los integrantes del equipo. Los jugadores no mostraron diferencias significativas en la potencia absoluta 912 W (vatio) y relativa al peso corporal 10,72 (W/kg) obtenida del test de Wingate y en la prueba de flexibilidad (22,3 +/-5,5 cm) cuando se analizó de acuerdo a la posición.

Sin embargo, los centrocampistas mostraron diferencias significativamente mayor en la masa corporal que los defensores ( $p < 0,05$ ); mayor consumo máximo de oxígeno ( $p < 0,01$ ) y mayor capacidad de salto vertical que de los defensores y los delanteros (potencia de despegue) y altura del salto vertical. Los autores atribuyen las diferencias observada en los mediocampistas a la adaptación fisiológica de la competencia no así al proceso de formación de los jugadores.

El juego de fútbol se caracteriza por requerir niveles de importantes de fuerza máxima; su relación con movimientos rápidos influye en el desempeño. Wisløff y cols (2004), determinaron que la fuerza máxima determinó el rendimiento de la velocidad y la altura del salto en alto nivel de 17 jugadores internacionales de fútbol. Recomiendan que los jugadores de fútbol deban enfocarse en el entrenamiento de fuerza máxima, con énfasis en la máxima movilización de los movimientos concéntricos, para mejorar el desempeño en el esprint y el salto.

La confiabilidad de la prueba del salto se probó en 32 voleibolistas profesionales en diversas situaciones de prueba: con contramovimiento y saltos con caída de diferentes alturas de caída, se evaluó la altura de alcance y la medición del tiempo de vuelo, comparando posteriormente los diferentes ensayos y se demostró su validez en situaciones en que la alturadurante la fase de vuelo es fundamental para el rendimiento sólo se encontró que la precisión fuese limitada en la evaluación del impulso vertical por las condiciones diferentes de técnicas de salto, (Menzel y cols 2010).

Las diferencias antropométricas y el rendimiento, de acuerdo al género, se estimó en una población de jugadores de baloncesto de 4 escuelas secundarias. Se registraron medidas antropométricas en los 115 sujetos. Estas incluyeron estatura, peso corporal, composición corporal, rango de movimiento del tobillo, y medial tipo longitudinal arco en el peso del cuerpo. Otras pruebas realizadas fueron salto vertical, 20 metros de sprint, y el tiempo de equilibrio de una sola extremidad. Los resultados demostraron que los hombres alcanzaron mayor altura en el salto, (Greene 1998).

Chamari y cols (2004) emplearon pruebas de campo y laboratorio para evaluar 34 futbolistas de sexo masculino con edad promedio 17,5 años. Los autores encontraron que la prueba de salto vertical correlacionó con las pruebas

de esprint de Bangsbo 30 m, consumo máximo de oxígeno evaluado en laboratorio, con la fuerza y la velocidad.

Para investigar la relación entre la condición física y el éxito en el fútbol, y para probar las diferencias en la aptitud física entre diferentes posiciones de los jugadores, Arnason y cols (2004) se evaluaron en 306 jugadores estatura y peso corporal, composición corporal, flexibilidad, potencia de las piernas en extensión, salto de altura, y la consumo de oxígeno máximo.

Los resultados confirmaron que existe una relación significativa entre el salto de altura promedio, salto con contramovimiento y salto de pie, y el éxito de equipo ( $P=0,009$  y  $P=0,012$ , respectivamente). La tendencia fue similar en la potencia de las piernas en extensión ( $P= 0,097$ ). Afirman, que entrenadores como el equipo de apoyo médico deben prestar más atención al entrenamiento de saltos y de potencia.

En la estimación de la potencia mecánica pico se emplea el salto vertical como componente en dos ecuaciones planteadas por Lewis y Harman (Sayer y cols 1999) validaron dos ecuaciones para el salto vertical, desarrollando una que se ajustó a una población mayor, analizaron las diferencias por género y evaluaron la suma de los cuadrados como procedimiento de validación cruzada.

Emplearon ocho hombres y mujeres atletas y no atletas en edad universitaria que evaluaros con tres saltos verticales de máximo esfuerzo en squat jump y salto con contramovimiento, con registro simultáneo del tiempo del salto en una plataforma de fuerza. Los resultados permitieron derivar la siguiente ecuación: Potencia Pico ( $W$ ) =  $60,7 \times$  (altura del salto [cm]) +  $45,3 \times$  (de masa corporal [kg]) - 2055. Los registros del squat jump generaron una ecuación para estimar la potencia pico que los datos de la prueba contramovimiento (CMJ) debido a la mayor variabilidad en la técnica CMJ. Esta ecuación aporta mayor

precisión que la propuesta por Lewis o Harman y cols que subestiman la potencia máxima.

La contribución de los segmentos superiores e inferiores durante el salto fue analizada por Kristensen y cols (2004). Los autores investigaron a partir de un modelo biomecánico en competencia simulada y generaron una imagen nítida de un cabeceo óptimo. Los resultados indicaron que la cabeza se mueve como un segmento libre no restringido durante la ejecución del salto, mientras que los brazos mostraron características individuales en el movimiento y no aportaron ventaja alguna en la optimización de la velocidad del balón posterior al impacto, no obstante el movimiento de las piernas fue el factor más importante en la ejecución.

La eficacia, la individualización y sensibilidad de las pruebas de fuerza isocinética, isométrica y salto vertical, relacionada con el rendimiento fue investigada por Wilson y Murphy (1995). Evaluaron la función muscular en 30 sujetos sanos empleando pruebas de salto vertical, extensión de la rodilla isocinético y desarrollo de la fuerza isométrica. Adicionalmente, los sujetos formaron parte de un programa de 10 semanas de entrenamiento de resistencia.

La prueba isocinética y de salto vertical se correlacionaron con el rendimiento ( $r = 0,5-0,73$ ), los autores confirman que las pruebas fueron útiles en el establecimiento de los niveles de rendimiento diferenciados entre sujetos de un mismo grupo, mientras la prueba isométrica mostró ser una modalidad eficaz de evaluación.

Las correlaciones no significativas entre el pretest y post test en términos porcentuales obtenidas del rendimiento en la bicicleta y el resto las variables no permitieron conocer los cambios inducidos por el entrenamiento. En consecuencia, las modificaciones en programas de entrenamiento de atletas

deben asentarse en cambios del desempeño real y no en pruebas de función muscular.

Aunque el salto vertical está presente en el grupo de prueba física que se aplica a la mayoría de los individuos en la literatura se carece de datos normativos para los niños y adolescentes, (Taylor y cols 2010). A tal fin los autores evaluaron la altura del salto en 1845 niños de ambos sexos entre 10,0 a 15,9 años pertenecientes a 12 escuelas públicas, adicionalmente estimaron la potencia pico de los miembros inferiores.

Todos los niños realizaron dos saltos con contramovimiento, calculando la altura del salto mediante una estera de Newtest. El mayor registro se utilizó para analizar y obtener el valor teórico de potencia máxima.

En los chicos de 11 años fue significativamente mayor la altura de salto y la potencia pico que en las niñas. Con cada año de edad aumentó significativamente el valor de ambas variables en los varones. Entre los 12 y 13 años se presentó una meseta en la altura y la potencia obtenida de las chicas. Los autores concluyen que los datos arrojados pueden ser utilizados como normas para clasificar el rendimiento de salto en niños entre 10 y 15 años.

García-López y cols (2005) validaron un sistema de evaluación del salto vertical basado en mediciones de tiempo de vuelo. Nueve sujetos hicieron 12 saltos verticales sencillos con rebotes máximos y submáximos. Para el registro de los tiempos de vuelo programaron un software y adaptaron una esterilla de contacto a un ordenador. En treinta y seis de los tiempos de vuelo emplearon cinco sistemas diferentes: ErgoJump Bosco System, SportJump-v1.0, plataforma de fuerza, Cámara de alta velocidad, y un LED filmado con una cámara de alta velocidad.

Al comparar el desempeño entre los diferentes sistemas no se encontró diferencias significativas del tiempo de vuelo entre sportJump-v1.0 y LED; plataforma de fuerza y cámara de alta velocidad. Los sistemas sportJump-v1.0 y LED sobreestimaron el tiempo de vuelo en 9 m/s y tiempo de contacto ( $p < 0,001$ ), mientras que la plataforma de fuerza y ErgoJump Bosco System lo subestimaron en 4 m/s ( $p < 0,01$ ).

Se obtuvo alta correlación con la estatura de los sujetos ( $p < 0,001$ ) lo que sugiere poca dependencia del tamaño corporal. El sistema de SJ se validó para con precisión de 500 Hz y probó ser útil para la medición de tiempos de vuelo y de contacto durante el salto. Las diferencias y las correlaciones encontradas entre los cinco sistemas confirman que es necesario considerar el sistema utilizando en el análisis de rendimiento del salto vertical.

En otro estudio se planteó validar la prueba de salto emplearon el método vertec y la esterilla de contacto, comparado con un sistema de referencia formado por tres cámaras para el análisis del movimiento, Leard y cols (2007). Se instruyeron para realizar el salto en contramovimiento 14 mujeres y 25 hombres, estudiantes con edades entre 18 y 25 años. Se empleó marcador reflectante en la base del sacro de cada sujeto para medir la altura del salto vertical mediante el sistema de 3 cámaras para capturar el movimiento.

Los sujetos se ubicaron sobre la alfombra de debajo del Vertec para realizar el salto. Las mediciones fueron registradas simultáneamente por cada sistema en cada salto. Los resultados de la correlación entre el vídeo y la altura el salto alcanzada con el Vertec fue 0,906 y entre la esterilla de contacto y el vídeo fue 0,967, siendo significativas al nivel 0,01.

El análisis de varianza mostró una diferencia significativa de las tres media ( $p < 0,05$ ). De la misma manera, se halló diferencia significativa entre el criterio de referencia ( $M = 0,4369$  m) y el Vertec ( $M = 0,3937$  m,  $p = 0,005$ ) no así entre el

criterio de referencia y el sistema Just Jump ( $M = 0,4420$  m,  $p = 0,972$ ). Se encontró que el sistema Vertec mostró una correlación alta con el criterio de referencia, pero su valor promedio difirió significativamente. Con este estudio se confirma la confiabilidad de los resultados obtenidos de la esterilla de contacto con los del sistema de 3 cámaras.

Carlock y cols (2004) estimaron el salto vertical con el Kinematic Measurement System, que consiste en una alfombra con interruptor de interfaz conectado a un ordenador portátil en 64 levantadores de pesas hombres y mujeres Norteamericanos a nivel nacional de categorías junior y senior. Los saltos verticales se ejecutaron dos ensayos con contramovimiento y salto vertical estático con ángulo de 90 grados en la rodilla y manos en las caderas. La potencia pico se calculó utilizando las ecuaciones desarrolladas por Sayers y cols.

Los resultados de la altura entre los saltos contramovimiento y squat jump indican que hubo correlación intraclase para el retest de 0,98. Los autores encontraron que la potencia pico está fuertemente asociada con la capacidad de levantar de pesas y afirman que el salto vertical es una herramienta valiosa para evaluar el rendimiento de la halterofilia.

Earp y cols (2010) estudiaron la estructura muscular y su papel en la ejecución del salto con contramovimiento y de profundidad en veinticinco hombres de 23,3 años de edad, entrenados en resistencia, realizaron pruebas anatómicas consistentes en medición del espesor, longitud y ángulo peniforme del fascículo, se analizaron en el vasto lateral y el gastrocnemio lateral.

Se estimó la potencia relativa y absoluta con prueba de salto mediante el squat jump, salto con contramovimiento y salto desde una altura con profundidad. No hubo correlación significativa entre los registros del vasto lateral con y las medidas obtenidas de los saltos. El ángulo penniforme del gastrocnemio lateral

fue un predictor significativo pero débil en todos los tipos salto (SJ:  $r^2 = 0,212$ ,  $p = 0,021$ ; CMJ:  $r^2 = 0,186$ ,  $p = 0,018$ ; DDJ:  $r^2 = 0,263$ ,  $p = 0,005$ ).

Cuando se compararon la altura de salto con las variables de interés ninguna pudo predecir de manera significativa las diferencias entre la altura de los saltos en contramovimiento y squat jump. Sin embargo, la longitud del fascículo del gastrocnemio lateral mostró una relación inversa significativa pero débil entre salto desde altura con profundidad y con ( $r^2 = 0,152$ ,  $p = 0,031$ ).

El espesor del gastrocnemio lateral fue el predictor más fuerte para la potencia absoluta en todos los salto squat jump:  $r^2 = 0,181$ ,  $p = 0,034$ ; salto con contramovimiento:  $r^2 = 0,201$ ,  $p = 0,014$ ; DDJ:  $r^2 = 0,122$ ,  $p = 0,049$ ; contramovimiento-squat jump:  $r^2 = 0,201$ ,  $p = 0,014$ ; salto de altura y profundidad-contramovimiento:  $r^2 = 0,146$ ,  $p = 0,034$ .

El mejor predictor de la potencia relativa fue ángulo peniforme del gemelo lateral también para todos las pruebas de salto squat jump:  $r^2 = 0,172$ ,  $p = 0,038$ ; contramovimiento:  $r^2 = 0,416$ ,  $p = 0,000$ ; salto de altura y profundidad:  $r^2 = 0,167$ ,  $p = 0,024$ ; contramovimiento-squat jump:  $r^2 = 0,391$ ,  $p = 0,000$ ; salto de altura y profundidad-contramovimiento:  $r^2 = 0,136$ ,  $p = 0,039$ .

Resultados de rendimiento en el salto difieren de los obtenidos previamente para correr en fascículos penniforme, la predicción positiva de la capacidad de salto en las cargas pre estiramiento aumenta la necesidad de reforzar la especificidad del entrenamiento. Los resultados obtenidos por entrenamiento de resistencia indican que cuando saltar es importante para el éxito deportivo, el desarrollo de la arquitectura gastrocnemio lateral puede beneficiarse de la fuerza excéntrica.

Para determinar si las diferencias en rendimiento en el salto se puede atribuir a las diferencias de género en la arquitectura muscular de los extensores

de las piernas Alegre y cols (2009) investigaron las diferencias en la ejecución del salto y la arquitectura muscular en 28 hombres y 34 mujeres, jugadores de voleibol, estudiantes de educación física y sedentaria.

Analizaron la estructura muscular del vasto lateral por ecografía y las pruebas de salto realizadas fueron con contramovimiento. La comparación de los resultados de la prueba de salto entre hombres 0,388 metro versus 0,279 metro de las chicas no produjo diferencias significativas ( $p < 0,001$ ). Se observaron diferencias significativas atribuidas al género en el espesor del vasto lateral, mientras que la longitud relativa del fascículo fue significativamente diferente en los tres músculos estudiados.

No hubo asociaciones significativas entre el tamaño del vasto lateral y rendimiento en el salto ( $r = 0,49-0,50$ ,  $p < 0,001$ ), tampoco en la relación lineal entre los parámetros de masa muscular y los ángulos penniforme ( $R(2) = 0,67-0,77$ ,  $p < 0,001$ ). Estos resultados confirman que existen diferencias de género en la arquitectura muscular de las personas que realizan actividad física. Las diferencias de género encontradas en el tamaño del músculo vasto lateral explican en parte las diferencias de rendimiento en el salto.

El rendimiento aeróbico y la potencia explosiva de los miembros inferiores de 11 basquetbolista categoría superior y 11 junior aficionados, Castagna y cols (2009). Se evaluó captación máxima de oxígeno usando un analizador de gases portátil (K4b, COSMED, Roma, Italia) mientras realizaban yo-yo test de resistencia. La potencia de miembros inferiores fue evaluada mediante extensores de la rodilla y flexores plantares con salto con contramovimiento y saltos a pierna extendida con una esterilla (Muscle Lab, Bosco System, Roma, Italia) de interruptor conectado a un ordenador. Se registraron los tiempos de vuelo y tiempo de contacto.

La relación entre el valor de la prueba con pierna extendida/tiempo de contacto fue considerado como indicador de potencia del segmento inferior, mientras que pierna extendida/contramovimiento se consideró indicador de la potencia de los músculos de la pierna inferior y muslo superior. El valor obtenido del consumo máximo de oxígeno fue 60,88/- 6,26 ml\*kg\*min para los de categoría mayores y 50,33/-3,98 ml/kg/min para los junior ( $p < 0,05$ ).

Hubo diferencia significativa en la relación pierna extendida /tiempo de contacto entre ambas categorías. El rendimiento de la prueba Yo-Yo de resistencia en términos de la distancia alcanzada 2.055+/-267 y 2.020 +/-174 metros no fue diferente significativamente entre los grupos ( $p > 0,05$ ). Mostró relación positiva con la potencia de las piernas.

Se considera que el valor de consumo de oxígeno en 50 ml/kg/min es suficiente para competir a nivel regional. Para mejorar el rendimiento específico del baloncesto se deben considerar los ejercicios pliométricos y de ascensos con todo el cuerpo.

### **1.3.3 AGILIDAD**

De acuerdo con el diccionario de la real Academia de la Lengua Española, vigésima segunda edición, la agilidad está referida a la cualidad de ágil, se trata de una persona que se mueve o utiliza sus miembros con facilidad y soltura.

Para Sheppard (2006) no hay acuerdo entre la comunidad científica del deporte para definir con precisión la cualidad física agilidad. Propone la siguiente definición "movimiento rápido de todo el cuerpo con cambio de velocidad o dirección en respuesta a un estímulo". En la definición propuesta están presente los componentes contenidos en la generalidad de los protocolos de pruebas empleados como lo son velocidad, dirección e implícitamente el desplazamiento.

Los datos obtenidos en la mayoría de las investigaciones están enfocados en hombres siendo limitados para el sexo femenino. En ese sentido Vescovi y cols (2010) describieron las características del rendimiento en jugadoras de fútbol con edades entre los 12 y 21 años. Se aplicaron pruebas de velocidad lineal, saltos en contramovimiento y dos pruebas de agilidad.

Los autores encontraron similitud en la velocidad media del sprint en todas las edades y mayores puntuaciones en la prueba de agilidad entre el grupo de 15 y 16 años, el mayor rendimiento en las pruebas de sprint y agilidad fue para el grupo de 18 a 21 años en comparación con el grupo de 14 a 17 años.

Otro parámetro que se registra son los cambios de velocidad y dirección, se han relacionado con atributos físicos como la fuerza, potencia, velocidad, y contribución de miembros inferiores. Marcovic (2007) examinó la relación entre la fuerza de la pierna en extensión, la potencia y su relación con el rendimiento durante la aplicación de un test de agilidad en estudiantes de educación física. De los resultados se obtuvo correlaciones bajas entre las pruebas de fuerza y agilidad, mientras que los factores de predicción para la potencia arrojaron una relación significativa pero baja. Concluye el autor que el componente de fuerza multiarticular es un escaso predictor de la agilidad en sujetos activos.

Young y cols (2002) relacionaron la potencia de miembros inferiores, el sprint de velocidad y los cambios de dirección en 15 sujetos que tenían experiencias con deportes de carreras con cambio de dirección. Se evaluó la potencia muscular mediante la extensión uni y bilateral con saltos desde una posición de altura, la velocidad fue medida en 8 metros en línea recta con cambios de dirección.

Los resultados de las correlaciones entre la potencia muscular y la velocidad con cambio de dirección fueron bajas y no significativas. Los individuos que se reportaron más rápidos mantuvieron una postura que favorecía la reacción en la

pierna responsable del empuje. Por tanto, la fuerza reactiva de los músculos extensores de las piernas tiene alguna importancia en el cambio de dirección y en el rendimiento.

Jones y cols (2009) afirmaron que los cambios de velocidad están influenciados por varios factores físicos. Los autores evaluaron, en 38 sujetos con edad promedio de 21 años, la velocidad de carrera en 25 metros, el cambio de dirección con la prueba 505 que consiste en ir 5 metros al frente y 5 metros hacia atrás, extensión de rodillas y flexión a 60 grados por segundo y saltos en contramovimientos.

Los resultados confirmaron que el 58% de la varianza es explicado por la velocidad de carrera, pero con la fuerza excéntrica de la rodilla aumenta 67%. Y sugieren que para mejorar los cambios de dirección y maximizar la carrera se debe aumentar la fuerza excéntrica y de flexión de la rodilla para permitir mayor control neuromuscular.

También se reportaron los efectos a corto plazo provocados estiramientos estático y dinámico en fase de precalentamiento y por el entrenamiento de seis semanas. Khorasani y cols (2010) estudiaron el efecto del estiramiento en ejercicios de precalentamiento para evaluar el rendimiento al aplicar el test de Illinois en 19 jugadores de fútbol profesional con diferencias en el nivel de experiencia y una edad promedio de 22,5 años.

Los resultados señalan que hubo disminución significativa del tiempo de la prueba cuando no se hizo el estiramiento estáticos frente a los sin estiramiento, después de realizar el estiramiento dinámico, entre el estiramiento estático contra el dinámico, después del estiramiento dinámico y entre dinámico contra el combinado. Se concluyó que el estiramiento dinámico durante el calentamiento fue más eficaz para lograr mayor rendimiento en la prueba de agilidad.

Los efectos del entrenamiento a corto plazo fueron estudiados por Maio y cols (2010), emplearon el salto vertical, esprint, agilidad y la habilidad de futbolistas, portugueses, 17 años de edad promedio, Se dividieron en grupo control y entrenamiento ordinario con un programa de fuerza. Los resultados obtenidos indican una reducción del tiempo de esprint en el grupo que entrenaba de un 6,2% y un aumento en el salto de un 12,6%. El entrenamiento resultó adecuado para el desarrollo de la potencia muscular y la velocidad de los futbolistas.

Sporis y cols (2010) evaluaron la confiabilidad y validez factorial de las pruebas de agilidad utilizados en el fútbol y encontraron que las pruebas slalom, sprint de 4x5 metros y sprint 9-3-6-3-6-9 metros con 180 grados de giro tenían un coeficiente de fiabilidad alfa 0,992, 0,979 y 0,976- mientras que la variación intrasujetos estuvo entre el 2,9 y el 5,6%. También se encontró diferencias significativas entre los defensores y los mediocampistas ( $p < 0,05$ ) y entre los defensores y los atacantes ( $p < 0,05$ ) en la prueba esprint m con 9-3-6-3-9 adelante y hacia atrás ( $p < 0,05$ ).

Se establecieron diferencias en la aplicación de las pruebas de acuerdo con la posición de juego, los resultados indicaron que las más apropiadas para estimar la agilidad de los defensores y centrocampistas fue el sprint con giro de 180 grados, mientras que el esprint 4\*5 se utilizar para estimar la agilidad de atacantes.

Los protocolos para evaluar los cambios de dirección propia de la agilidad incluyen pruebas de campo e intentos tecnificados para estimarse en el laboratorio en condiciones de mayor control. Young y Willey (2010) emplearon análisis con vídeo de alta velocidad 31 jugadores semi-profesionales de fútbol que proporcionaba una señal que le indicaba al sujeto la dirección. Se registraron los valores de los tiempos para mostrar el estímulo, el tiempo que el

participante empleaba para responder al estímulo y el tiempo para cambiar de dirección.

La correlación del tiempo total con el de respuesta del participante fue de 0,77 ( $p=0,00$ ), entre el tiempo para cambiar de dirección y el tiempo del estímulo de 0,59 ( $p=0,04$ ). Con estos resultados se concluyó que la habilidad perceptiva, tomada como el tiempo empleado para decidir el cambio de dirección es un componente importante en la prueba de agilidad.

#### **1.3.4. FLEXIBILIDAD**

La flexibilidad esta referida a la movilidad articular y la elasticidad muscular, para ello los sujetos evaluados mantiene diferentes posiciones lo que ha permitido disponer de una variante de pruebas entre las que se conocen: *sit and reach* (sentarse y alcanzar); *Backsaver Sit and Reach Test* (para la flexibilidad de una y otra pierna) *Chair Sit and Reach Test* (variante del protocolo enfocada en los adultos mayores empleando una silla). La prueba *sit and reach* es de uso general para evaluar la flexibilidad de la espalda baja y los músculos isquiotibiales, fue descrita en 1952 por Wells y Dillon.

Esta cualidad física fue estudiada en veinticinco jugadores de voleibol de nivel nacional con edad promedio 17,5 +/-0,5 años, Duncan y cols (2006) realizaron la evaluación mediante una serie de pruebas fisiológicas y antropométricas. Se reportaron los valores para la prueba *sit and reach*.

La figura 16 muestra los resultados de las pruebas realizadas. El valor de media fue de 19,3 +/-8,3 cm para los opuestos y 37 +/-10,7 cm para los rematadores. Los valores logrados por los rematadores (*hitter*) y los opuestos (*opposites*) fue significativamente diferente ( $p <0,01$ ), siendo mayores para los rematadores.

Measure	Setter	Hitter	Center	Opposites
Height (m)	1,91 (5,0)	1,93 (4,5)	1,87 (3,6)	1,90 (5,9)
Body mass (kg)	71,2 (9,3)	77,9 (8,4)	77,6 (5,9)	71,3 (9,2)
Leg strength (kg)	162,5 (33,3)	182,2 (22,7)	172,8 (37,9)	155,4 (28,6)
Sit and reach (cm)	26,1 (6,9)	37 (10,7)	34,5 (9,4)	19,3 (8,3)*
Vertical jump (cm)	42,8 (8,1)	49,0 (5,7)	47,2 (5,1)	42,0 (5,1)
Estimated V <sub>o2</sub> (ml/kg/min)	46,9 (4,9)	51,1 (3,7)	50,4 (3,7)	48,3 (6,7)
Muscle mass (kg)	43,4 (5,2)	50,9 (7,1)	49,6 (4,4)	44,5 (5,2)
% body fat	12,9 (3,4)	12,5 (2,4)	11,5 (2,2)	11,8 (3,5)
Endomorphy	2,6 (0,9)	2,4 (0,5)	2,2 (0,89)	2,3 (0,8)
Continuación de la figura 16				
Mesomorphy	1,9 (1,1)	2,6 (0,6)	3,9 (0,4)+	2,5 (1,0)
Ectomorphy	5,3 (1,2)	4,6 (0,8)	3,6 (0,7)++	5,1 (1,1)

Figura 16. Valores de las pruebas aplicadas en medias y desviación estándar. Duncan M J, Woodfield L, and Y al-Nakeeb. (2006).

Los autores plantean la necesidad de realizar más investigaciones que expliquen las razones en cuanto a las diferencias encontradas entre rematadores y opuestos y los bajos niveles de la flexibilidad en espalda baja y los músculos isquiotibiales.

McIntyre y Hall (2005) analizaron el perfil fisiológico de un grupo de futbolistas y su relación con la posición de juego. El resultado obtenido de la prueba seat and reach fue 22,3 +/-5,5 cm no se reportaron diferencias significativas de acuerdo a la posición del jugador.

	Backs		Forwards		Midfielders	
Height (m)	1,79	(0,05)	1,81	(0,04)	1,86	(0,01)
Body mass (kg)	78,35	(7,7)**	82,3	(4,2)	87,45	(1,18)
Body mass index	24,28	(2,68)	25,06	(1,38)	25,34	(0,57)
body fat (%)	15	(3,13)	14,45	(3,07)	14,16	(3,04)
Vertical jump (W)	1298	(112)*	1279	(131)*	1506	(75)
Vertical jump (cm)	54	(7,2)*	56	(6)*	65	(4)
Wingate (W)	933,75	(174)	855,48	(150)	983,75	(83)
Wingate (W/kg)	10,68	(1,7)	10,88	(1)	10,45	(3)
Sit and reach (cm)	21,02	(9,07)	21,81	(7,76)	21,62	(5,81)
Hand grip strength (kg/F)	47,4	(6,3)*	45,2	(6,5)*	53,1	(5,3)
Aerobic Fitness (ml/kg/min)	56,8	(5)*	59,6	59,6 (5)*	65,8	(5)

\*p<0,01, \*\*p<0,05 análisis de varianza comparado con los mediocampistas

Figura 17. Perfil fisiológico de futbolistas de acuerdo a su posición, incluye valores de la flexibilidad.

McIntyre M and Hall M. (2005).

La correlación de tres protocolos de pruebas sit and reach fue realizada por Baltaci y cols (2003) en 102 estudiantes universitarias, entre 20 y 24 años y sin limitación músculo esquelética.

Todas las voluntarias participaron de la prueba sit and reach en tres protocolos para estimar la flexibilidad isquiotibiales y de la corva descritas como: clásico, *chair sit and reach* (sentado en una silla), *back saber sit and reach* (con la rodilla opuesta flexionada) y con mediciones goniométricas.

La figura 18 muestra el tipo de protocolo y valores registrados.

	<b>CSRL</b>	<b>CSRR</b>	<b>SR</b>	<b>BSSRL</b>	<b>BSSRR</b>	<b>GML</b>	<b>GMR</b>
<b>CSRL</b>		0,98**	0,23*	-0,03	0,14	0,22*	0,16
<b>CSRR</b>			0,23*	-0,02	0,17	0,21*	0,16
<b>SR</b>				0,45**	0,65**	0,63**	0,53**
<b>BSSRL</b>					0,66**	0,37*	0,25*
<b>BSSRR</b>						0,50**	0,44**
<b>GML</b>							0,80**
<b>GMR</b>							

\*\*Correlación significativa a un nivel de 0.01 (dos colas)  
 \*Correlación significativa a un nivel de 0.05 (dos colas)  
 CSRL= sit and reach en silla izquierda; CSRR= sit and reach derecha; SR sit and reach;  
 BSSRL= back saber sit and reach izquierda; BSSRD= back saber sit and reach derecha;  
 GML=medida goniométrica izquierda; GMD=medida goniométrica derecha.

Figura 18. Correlaciones de los diferentes protocolos de prueba sit and reach: clásico, sentado, con rodilla opuesta flexionada y goniometría.  
 Baltaci y cols (2003).

Con los resultados obtenidos concluyen que la flexibilidad del tendón de la corva puede ser medido por la prueba de sit and reach clásico, y con el protocolo back saber sit and reach por alta fiabilidad. La precisión se logra con un único registro cuando se permite un buen calentamiento, estiramiento y práctica previa.

En una investigación en la que se estudió la Influencia del músculo gastrocnemio en la prueba de sit and reach en 200 sujetos de ambos sexos mediante el análisis angular cinemático, Kawano y cols (2010) reportaron correlación moderada correlación moderada de 0,48 y 0,444 el ángulo de la cadera y la prueba sit and reach. Aprobaron el análisis cinemático angular como técnica confiable. Los resultados demostraron la influencia de los músculos gemelos, de manera que la prueba sit and reach puede realizarse con movilidad libre en la articulación del tobillo.

Los protocolos de prueba para evaluar la flexibilidad lumbar han sido poco relacionadas con criterio validez, por ello Hui y Yuen (2000) propusieron comparar la validez de los protocolos sit and reach en silla (csr), backsaver (bs, variante propuesta para medir la flexibilidad de las piernas izquierda y derecha por separado) y sit and reach modificada (msr).

Participaron 158 estudiantes universitarios 96 del sexo femenino y 62 masculino, la edad promedio fue 20,77 +/-2.51años, las pruebas realizadas por ambos grupos incluían tres protocolos de sit and reach: en silla (csr), backsaver modificada (mbs) y en posición "V", siguiendo un orden aleatorio y en ambas piernas.

Los resultados señala que la confiabilidad intraclase en todas las pruebas sobre un ensayo fue alta ( $r = 0,89-0,98$ ). En cuanto a la prueba backsaver modificada se encontró que la correlación entre la región lumbar y la corva fue 0,23 a 0,54 en las mujeres y 0,47 a 0,67 en los hombres. Así mismo, en los hombres fue significativa la diferencia ( $p < 0,01$ ) entre los valores de la mbs y csr, no se encontró diferencias en el rendimiento de las chicas en las diferentes pruebas.

Los puntajes en la percepción de comodidad entre las pruebas fue significativamente diferente entre sí ( $p < 0,01$ ). Resultó con valores mayores el

protocolo mbs. El protocolo de prueba de flexibilidad backsaver modificado fue la que presentó mayor confiabilidad para evaluar la flexibilidad lumbar y de la musculatura isquibial y el mayor valor práctico en los hombres que el resto de las pruebas.

En la determinación de la influencia de la maduración en la flexibilidad se evaluaron 69 sujetos varones de 14 años mediante la prueba sit and reach y con mediciones goniométricas. Los valores obtenidos de las pruebas fueron analizados y comparados por grupos de acuerdo a la clasificación de Tanner y se encontró que los sujetos se ubicaron en categorías II, III, IV y V. Las correlaciones realizadas entre las prueba sit and reach, la goniometría y la edad en meses, la estatura, masa corporal índice de masa corporal indican que no se asocian con los estadio de maduración sexual a un nivel de ( $p > 0,05$ ).

Para Kanbur y cols, (2005) estos resultados sugieren que no es eficaz la evaluación de la flexibilidad durante la pubertad y tampoco es atribuible la escasa flexibilidad en los adolescentes.

En opinión de Chillón y cols, (2010) los protocolos clásico y el modificado proporciona valores comparables en adolescentes de 14 años. Para confirmar su aseveración se propusieron dos objetivos enfocados en evaluar la contribución de de las articulaciones principales durante la realización de las pruebas apoyados en análisis cinemático; el segundo objetivo estuvo centrado en evaluar el grado de coincidencia de los dos protocolos. Evaluaron 57 hembras y 81 varones adolescentes de 14,5 +/- 1,7 años, ambos grupos realizaron las pruebas en sus variantes backsaver sit and reach y sit and reach. Los ángulos de la cadera, región lumbar y torácica se determinaron mediante análisis cinemático durante su ejecución. Emplearon el método de Bland y Altman para crear los modelos de regresión lineal.

De los resultados obtenidos se encontró que el ángulo de la cadera de manera independiente revela un 42% ( $P < 0,001$ ) de la variación en el test backsaver, 30% el ángulo lumbar ( $P < 0,001$ ) y 4% el ángulo dorsal ( $P < 0,001$ ). La diferencia de medias entre los resultados de las pruebas backsaver sit and reach y sit and reach clásica medidas (RSSB - SR) fue de 0,41 cm ( $P = 0,21$ ). Para estos autores la flexibilidad de cadera y la región lumbar son determinantes para el rendimiento que alcancen los adolescentes en las pruebas sit and reach. Ambas pruebas pueden considerarse como adecuadas para este grupo de edad.

Otro protocolo que se emplea con el propósito de disminuir la influencia individual en el rendimiento que se ha observado en la prueba sit and reach para evaluar la flexibilidad de la cadera se denomina *The Lift and Raise hamstring flexibility test* (flexibilidad de los isquiotibiales con rodilla completamente extendida y en ascenso), Shimon y cols (2010).

En el estudio se evaluó la fiabilidad y su validez comparando valores obtenidos de Cybex Sistema de prueba y rehabilitación en 28 mujeres 25 hombres, estudiantes universitarios, compararon los valores con los de la prueba *The Lift and Raise hamstring flexibility* en pierna izquierda aplicado a 23 hombres y 16 mujeres, mediante la observación de dos evaluadores independientes.

Los resultados del coeficiente de correlación intraclase obtenido por cada evaluador fue de  $r=0,944$  en la prueba de elevación de la rodilla y  $r=0,891$  con el sistema Cybex concluyendo los autores que la prueba de elevación de la pierna es confiable para evaluar la flexibilidad de la corva.

Barlow y cols, (2004) evaluaron si la intervención de medios externos como el masaje pudiera tener un efecto en los resultados de la prueba sit and reach realizada por hombres. El estudio consistió en aplicar un masaje de 15 minutos en ambas piernas antes de realizar la prueba de flexibilidad

repitiéndola una vez que concluyera el tratamiento inicial. Los sujetos volvieron una semana después a recibir un tratamiento alternativo con relación al primero.

Los cambios porcentuales en la prueba antes con masaje y sin masaje fueron 6,0 (4,3) % y 4,6 (4,8) %, esta diferencia no fue significativa para aquellos sujetos que alcanzaron 15 cm o más. Los cambios fueron grandes en los individuos que lograron valores por debajo de 15 cm, 18,2 (8,2) % y el 15,5 (16,2) % respectivamente. En conclusión no se encontró incremento significativo e inmediato del rendimiento en la prueba sit and reach en hombre jóvenes después de aplicarse el tratamiento consistente de masaje.

### **1.3.5 PERFIL FISIOLÓGICO DEL FUTBOLISTA**

Inbar y Bar-Or (1986) advierten sobre la exigua información publicada que trate sobre los efectos del crecimiento, desarrollo y maduración de la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad, a corto plazo. Afirman que los estudios transversales con hombres y mujeres de origen europea, africana y americano apuntan a una evolución relacionada con la edad en la realización de pruebas anaeróbicas.

Williams (1997) menciona otro factor interviniente relacionado con las diferencias musculares desde el punto de vista cualitativo en lugar de aspectos como la cantidad de músculo. Hacia 1993 Viviani y cols señalaban la poca disponibilidad datos morfológicos para jugadores adolescentes de fútbol una carencia que podría afectar a los jóvenes en edad de selección de talentos.

Mangine y cols (1990) desarrollaron un perfil fisiológico del futbolista de elite centrado en la flexibilidad, composición corporal, potencia anaeróbica y la fuerza muscular. Afirman que la determinación del perfil proporcionará las normas y bases de referencias para los instructores entrenadores, jugadores y futuras investigaciones.

En 1994 Chin y cols afirman que los datos sobre características fisiológicas de futbolistas juveniles asiáticos son escasos. Proponen evaluar la capacidad aeróbica y fuerza muscular isocinética de jugadores elite. Recomiendan que mejorar el desequilibrio muscular para aumentar la velocidad de los músculos flexores de la rodilla a partir de los programas de entrenamiento.

En lo que respecta a programas de selección y formación de talentos Reilly y cols (2000) afirman que las características antropométricas y fisiológicas de los futbolistas permiten establecer su función en el programa de selección y desarrollo. El jugador debe caracterizarse por disponer de un nivel razonablemente alto en todas las áreas del rendimiento físico, por ello se han utilizados varios aspectos específicos del rendimiento de jugadores jóvenes y adultos.

De los aspectos fisiológicos descritos se encuentra que el consumo de oxígeno máximo de jugadores del medio campo es  $>60$  ml/kg/min, destacan en esfuerzos intermitentes; los jugadores centrales disponen de menor fuerza muscular. Los parámetros como el consumo de oxígeno y la estatura están sujetos a la influencia genética y ambiental siendo susceptibles a los efectos del entrenamiento.

El diseño de un perfil físico contribuye con la conformación de una base de datos que permite la comparación entre los más destacados. No existe un único método que permita evaluar la capacidad física representativa de un futbolista. Los parámetros antropométricos y fisiológicos forman parte del seguimiento integral de los talentosos.

Aunque el rendimiento del futbolista no es solo el resultado de variables mesurables, el jugador profesional se diferencia del jugador profesional en términos de la fuerza muscular del flexor de rodilla y la velocidad de sprint de corta distancia. Para distinguir entre 95 jugadores a los mejores de los menos

exitosos Cometti y cols (2001) evaluaron la fuerza muscular y la potencia anaeróbica. Se estimó la fuerza isocinética y la velocidad angular entre 120 a 300 grados\* s<sup>-1</sup> con extensión de rodillas, salto vertical, 10 y 30 metros de esprint y la velocidad con balón.

Los resultados determinaron que los jugadores considerados élite tuvieron mayor par flexor en la rodilla ( $p < 0,05$ ) que los aficionados en todo el rango de velocidad angular, excepto a 300 grados\*s<sup>-1</sup>. No se encontró diferencias en la velocidad de 30 metros entre los grupos, mientras que los registros en 10 metros fueron significativamente menor ( $p < 0,05$ ) en los jugadores aficionados.

Estos resultados destacan la importancia de la fuerza de los miembros inferiores, fundamentalmente para lograr la estabilidad en las articulaciones mientras se realizan varias acciones en contracción excéntrica. Así mismo, los esprint s reflejan situaciones reales de juego de alto nivel que son determinantes para ganar partidos.

Wong y Wong (2009) destacan que las características fisiológicas de jugadores Asiáticos de fútbol juvenil permiten diseñar programas de formación basados en sus propias características y plantear una táctica de juego apropiado. Veale y cols (2008) utilizaron pruebas estándar para evaluar factores antropométricos y el rendimiento físico 54 jugadores de categoría sub 18. Se encontró diferencias ( $p < 0,05$ ) mediante análisis multivariado entre los jugadores seleccionados y los que no en variables como la estatura, masa corporal, esprint de 20 metros, agilidad y altura del salto vertical.

El análisis univariado reveló diferencias significativa ( $p < 0,05$ ) en la prueba de salto vertical con tendencia casi significativa para diferenciar los jugadores que fueron seleccionados. Los resultados de la prueba antropométrica y física permitieron diferenciar entre la selección de jugadores y reconocer el valor de estas para la identificación del talento entre jóvenes de 16 a 18 años. Así mismo,

se destaca que la selección de los jugadores está relacionada con los resultados más altos en todas las pruebas y fueron los jugadores más jóvenes quienes tendían a ser los seleccionados.

Existe un consenso general sobre la existencia de pruebas para seleccionar y desarrollar jugadores por su potencial físico de manera que pueda cumplir con las exigencias de la posición. De sus hallazgos Wirth y cols (1978) afirmaron que la estimación del consumo máximo de oxígeno sugiere que un determinado porcentaje del consumo máximo como indicador de referencia es más confiable que la frecuencia cardíaca entre sujetos con diferentes edades. En pro de mejorar la estructura del entrenamiento como lo señala Hoff (2005).

Reilly (2005) señala que permite estudiar los aspectos del juego bajo condiciones de laboratorio, ofrece ventajas especiales para los jugadores jóvenes al presentarse un estímulo de entrenamiento fisiológico y es adecuado para desarrollar habilidades.

De las características individuales a considerar están: edad, estatura y masa corporal, composición corporal, nivel de maduración, fuerza muscular, consumo máximo de oxígeno, kaplat (2010) considera que la velocidad en el fútbol es muy importante y debe haber un rápido movimiento los jugadores en todas las posiciones. Este estudio reveló que los jugadores de la defensa, los centrocampistas y delanteros son capaces de mantener 5 sprints repetidos durante el partido. Para los porteros, no se encontró ninguna diferencia en los sprints repetidos. Se considera que en la elección o la transferencia de jugadores, los entrenadores deben tener en cuenta sus capacidades de velocidad.

Es probable que los principales factores que deciden los ritmos de movimientos, con apoyo en el desarrollo de la fuerza muscular, coordinación

motora y los mecanismos para transporte de oxígeno, además de la toma de decisión, sean la clave en el fútbol, Ekblom (2003).

Señalan los autores que las características de las sesiones son descritas para la resistencia como entrenamiento de intervalo con intensidad entre 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima en períodos de 3 a 8 minutos para mejoras del rendimiento en el juego. El entrenamiento de fuerza consiste en altas cargas, pocas repeticiones y la movilización de la fuerza máxima concéntrica dirigido al desarrollo de la fuerza y los parámetros relacionados.

Dentro de la consideración de las características del esfuerzo a realizar Bradley y cols (2010) determinaron los patrones de actividad de alta intensidad en futbolistas de diferentes niveles de rendimiento y posiciones de juego, estudiaron la fatiga temporal y al final de los partidos nacional e internacional, y cuantificaron la aceleración y velocidad máxima de los jugadores del fútbol de élite. La muestra estuvo constituida por 100 jugadores locales considerados Élite y diez de cuales eran futbolistas catalogados como internacionales.

Se empleó un sistema multicámara de seguimiento informatizado para el análisis. Las categorías definidas para el análisis de la actividad realizada se muestran en la figura 19

**Distance, frequency, and time spent in different activity categories for international and elite domestic soccer players.**

	Standing	Walking	Jogging	Run	HSR	Sprinting	HIR	VHIR
<b>Distance (m)</b>								
International	22,0+/-5	3.872+/-196	4.252+/-566	1.609+/-185	660+/-154	251+/-84	2.520+/-332	911+/-238
Domestic	27,3+/-9	3.803+/-276	4.284+/-622	1.758+/-441	722+/-215	265+/-117	2.745+/-678	987+/-300
Combined	26,8+/-8	3.809+/-270	4.281+/-615	1.745+/-426	716+/-210	264+/-114	2.725+/-656	980+/-294
<b>Time (s)</b>								
International	262+/-73	3.414+/-214	1.509+/-203	349+/-39	108+/-25	33+/-11	490+/-59	141+/-34
Domestic	326+/-144	3.294+/-449	1.473+/-267	372+/-102	117+/-37	34+/-16	522+/-141	151+/-48
Combined	321+/-140	3.305+/-434	1.477+/-261	370+/-98	116+/-36	34+/-15	519+/-136	150+/-47
<b>Frequency (n)</b>								
International	148+/-26	890+/-67	1,013+/-95	365+/-36	125+/-22	35+/-11	525+/-79	160+/-33

Domestic	168+/-47	851+/- 76	969+/- 112	391+/- 82	136+/- 38	36+/-13	562+/- 126	171+/- 49
Combined	167+/-46	855+/- 76	973+/- 111	388+/- 80	135+/- 37	36+/-13	559+/- 121	170+/- 48

HIR= high intensity running; HSR = high speed run; VHIR = very high intensity running Values are mean +-SD

Figura 19. Valores de la distancia, el tiempo de recuperación y la frecuencia registrados por los jugadores locales e internacionales. Bradley y cols (2010).

Los autores encontraron que en un partido típico el jugador élite emplea 5,2% del tiempo total para la actividad de baja intensidad, 59,4% para caminar y 26,4% trotando. Se desplaza a alta intensidad en un 9%, distribuido así 2% carrera a toda velocidad y 0,6% en esprint. No encontraron diferencias en la distancia recorrida, frecuencia y tiempo empleado entre los jugadores de categoría nacional e internacional.

La dinámica de las distancias en carreras de alta intensidad en períodos de 5 minutos se muestra en la figura 20. De los resultados se obtuvo que la disminución de la intensidad (en metros recorridos) fuera similar entre ambos tipos de jugadores, representando una caída de 51% para el jugador considerado internacional y 53% para el local. La cantidad de carreras de alta intensidad fue 12% menor ( $p, 0.05$ ) que la distanciamedia cubierta en todos los períodos de 5 minutos, menos en el período máximo de 5 minutos.

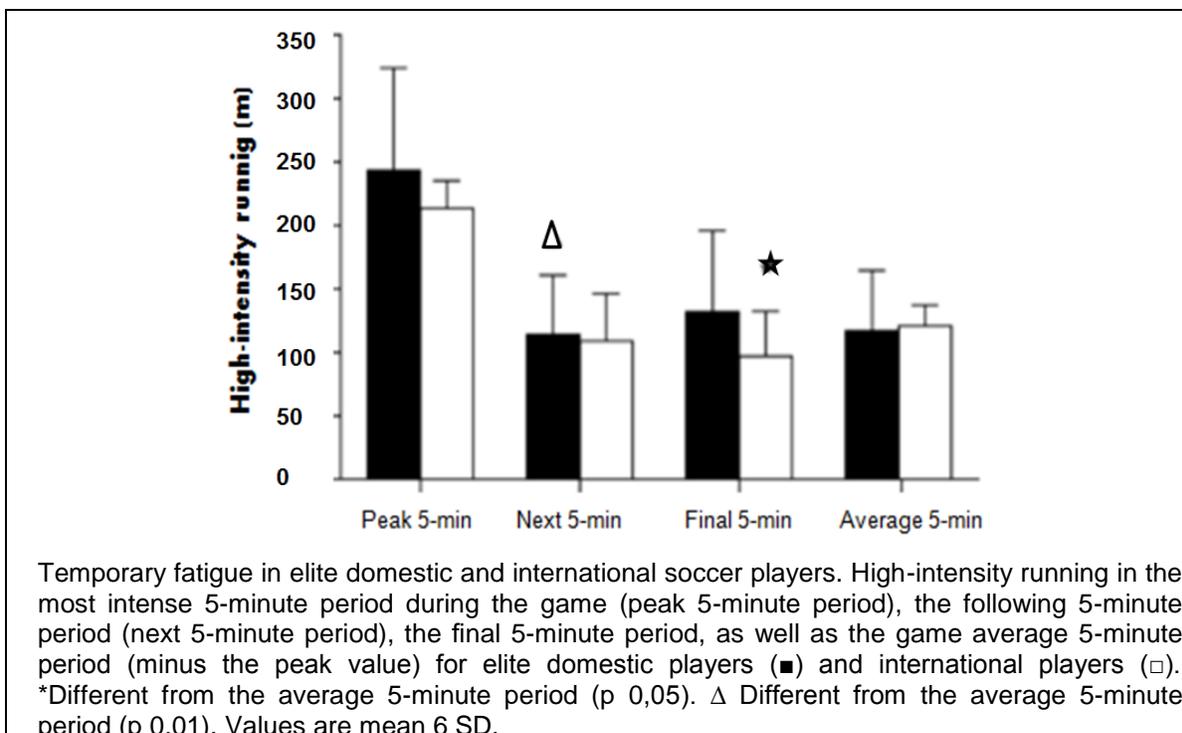


Figura 20. Niveles de intensidad alcanzado por períodos de 5 minutos. Bradley y cols (2010).

Buchheit y cols (2010) analizaron el perfil de actividad realizado por jóvenes futbolistas muy entrenados con relación a la edad, posición de juego y capacidad física. Los jugadores se distribuyeron de acuerdo a la posición en defensas, mediocampistas, delanteros. Emplearon un sistema de posicionamiento global para llevar a cabo el análisis del tiempo de desempeño. La capacidad física se estimó mediante con un test de campo que consistió en estimar el pico de la velocidad de carrera para determinar la velocidad aeróbica máxima.

Los resultados muestran que la distancia cubierta a alta intensidad fue 16,1 km/h. El desempeño de la carrera aumentó con la edad ( $P < 0,001$ ). Al ajustar la duración de la jugada por la edad se encontró que el tiempo de la misma dependía de la posición ( $P < 0,001$ ). Los mediocampistas cubrieron una distancia mayor que los defensores ( $P < 0,05$ ). La distancia recorrida a muy alta intensidad fue menor en los defensores comparados con el resto de las posiciones de juego, ( $P < 0,05$ ).

Al relacionar capacidad física con el rendimiento se halló que fue pobre y no significativa entre los defensas y los centrales, centrocampistas, sin embargo fue mayor entre los atacantes ( $r=0,70$ ). En conclusión para los futbolistas jóvenes muy entrenados la condición física es el factor determinante en el rendimiento y debe considerarse en función de la posición de juego.

### **1.3.6 EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS CAPACIDADES FÍSICAS**

Las evaluaciones fisiológicas han permitido determinar la asociación entre la condición física estimada en campo y las realizadas en laboratorios. Entre los parámetros estudiados en ambas condiciones están el consumo máximo de oxígeno, el umbral anaeróbico, frecuencia cardiaca, el intercambio respiratorio.

El objetivo de realizar estas evaluaciones implica realizar comparaciones del rendimiento, fundamentadas en las respuestas fisiológicas, entre deportistas de nivel y aquellos que no lo representan. En la literatura especializada los datos comparativos son escasos.

La integración funcional entre los sistemas neuromuscular y cardiovascular está reflejada en la respuesta de la cinética del consumo de oxígeno durante el ejercicio físico. Algunos autores señalan que los resultados de investigaciones sobre la relación que involucran a la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno máximo han sido errados. Afirman que esta falta de coherencia puede deberse a diferencias en la metodología.

La prueba de esfuerzo progresivo fue creada para valorar la calidad de respuesta cardiovascular cuando se produce un desequilibrio de oxígeno en un sujeto que es llevado hasta la extenuación haciéndola de uso frecuente para determinar la absorción máxima de oxígeno.

La meseta es el indicador para señalar el alcance del equilibrio entre la necesidad y el aporte de oxígeno, cuando no es posible estimarla se basa la valoración del consumo máximo de oxígeno en la frecuencia cardíaca máxima, la concentración de lactato en sangre o el cociente respiratorio. Sin embargo algunos autores sostienen que es posible incurrir en el error de subestimar el valor del consumo máximo de oxígeno al fiarse de estos parámetros.

Para responder a las demandas fisiológicas del juego de fútbol se espera que el jugador reúna los componentes aptitudinales que lo hagan competente. Ha sido el estudio del consumo máximo de oxígeno lo que ha permitido conocer la influencia de éste en el rendimiento físico mediante el empleo de evaluaciones de campo y de laboratorio.

La capacidad funcional del jugador se valora mediante el las pruebas físicas de laboratorio es un indicador útil de la aptitud de los jugadores en general. La exactitud de los resultados está en concordancia con el rigor metodológico y un equipo confiable.

La existencia y disponibilidad de un número importante de protocolos de prueba continuos e interválicos y ergómetros ha orientado algunos estudios a la búsqueda de las diferencias que puede existir en los resultados obtenidos al comparar las respuestas fisiológicas del umbral láctico, frecuencia cardíaca máxima y consumo de oxígeno en futbolistas evaluados sobre banda rodante, terreno natural y sintético.

La razón y el momento para emplear una u otra prueba se supedita a los objetivos que la suscitan. Las pruebas de laboratorio son utilizadas con mesura debido al tiempo que se invierte en su ejecución, se realizan por lo general al inicio y al final de pre temporada con el propósito de evaluar la efectividad de programas específicos de entrenamiento.

En cambio, las pruebas de campo se llevan a cabo por aportar resultados específicos del deporte, por lo tanto las hacen más válidas que su contraparte de laboratorio. También tienen las ventajas del bajo coste y la sencillez metodológica que representa su aplicación resultando más convenientes para un amplio uso durante toda la temporada.

Aunque los datos de pruebas de campo y laboratorio proporcionan una excelente información de la aptitud general y específica en deportes como el fútbol, no existe la posibilidad de predecir el rendimiento colectivo en el juego de acuerdo a los resultados individuales debido a la complejidad que presenta el desarrollo del mismo. En definitiva los datos arrojados por las pruebas capacidad física y funcional de están relacionados con los componentes fisiológicos de los sujetos y permiten orientar la prescripción del entrenamiento, Svensson y Drust (2005).

Gran parte de la comprensión en la respuesta cinética del consumo de oxígeno y el desarrollo de metodologías para su evaluación se derivan de estudios realizados en adultos. La respuesta cualitativa y cuantitativamente difiere en jóvenes cuando se trata de intensidad de esfuerzo que va desde lo moderado hasta muy agotador. Se describe una fase rápida seguida de un aumento exponencial del consumo de oxígeno que se proyecta hacia la estabilización.

Las limitaciones importantes que enfrentaron los investigadores que se enfocaron en jóvenes fue la carencia de equipo y metodologías adecuadas en consecuencia, se pudo comprometer la interpretación verdadera de la respuesta cinética, Fawkner y Armstrong (2003). Se presenta la dificultad de evaluar con precisión la energía crítica, y tiende a confundir la interpretación en la respuesta al ejercicio por la edad y los efectos del sexo.

Los datos obtenidos indican que el aumento exponencial del consumo de oxígeno es más rápido en niños que en los adultos y a intensidad de esfuerzo por

encima del umbral anaeróbico, el componente lento en los jóvenes puede ser atenuado. No se han encontrado diferencias en la respuesta al ejercicio de intensidad moderada atribuidas al sexo, empero se han identificado y analizado las respuestas al ejercicio de intensidad por encima del umbral anaeróbico.

En este orden de ideas, Bangsbo y Lindquist (1992) compararon el rendimiento de 20 jugadores en pruebas de campo y laboratorio con el rendimiento físico en un partido y su relación con el esfuerzo intermitente. Los jugadores fueron grabados durante un partido de fútbol, se determinó la distancia y la intensidad. Se utilizó la banda sin fin para estimar el lactato sanguíneo y consumo de oxígeno. Se utilizaron dos pruebas de campo continua e intermitente, 8 de los jugadores la realizaron hasta el agotamiento y se realizaron biopsia musculares para estimar las enzimas y las características morfológicas del músculo gastrocnemio.

Los resultados indican que la distancia media recorrida en la prueba intermitente fue 16,3 kilometros, no se relacionó con la distancia de los partidos ( $r=0,16$ ), pero fue de 0,70 con la intensidad del juego. La distancia de la prueba intervalo en campo correlacionó a un valor  $r= 0,83$  con la distancia cubierta de la prueba intermitente prolongada. Entre el consumo de oxígeno máximo y la concentración de lactato fue  $r = 0,64$  y el valor fue 0,58 para las carreras submáximas. En conclusión la actividad enzimática muscular y las variables morfológicas no estaban asociadas con las acciones del partido ni el rendimiento prolongado.

Para evaluar el consumo de oxígeno en 10 futbolistas de 21 años promedio, Kemi (2003) y cols utilizaron un protocolo de campo con driblin, saltos repetidos, aceleraciones, desaceleraciones, carreras hacia atrás y con giros y un protocolo de laboratorio mediante la carrera en cinta rodante. Los resultados demuestran que tanto el consumo de oxígeno como la frecuencia cardíaca máxima fueron similares para ambas pruebas, solo los valores del intercambio respiratorio y el

pulso de oxígeno fueron 5,4% superior en la prueba de laboratorio, concluyen los autores que la prueba de campo es una herramienta válida para estimar el consumo de oxígeno en futbolistas.

Metaxas y cols (2005) valoraron el consumo máximo de oxígeno de treinta y cinco jugadores con edad promedio 18,1 +/- 1,0 años del fútbol élite y con 8 años en período de formación. Todos los jugadores realizaron dos pruebas de campo consistentes en test Yo-Yo de resistencia y el Yo-Yo intermitente y dos pruebas de laboratorio con protocolo continuo e intermitente en banda rodante mientras estuvieron conectados a equipo de ergoespirometría portátiles telemétrica.

Los autores reportaron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) de los valores del consumo de oxígeno en las cuatro pruebas fueron como sigue: prueba Yo-Yo resistencia 56,33 ml/kg/min; para el Yo-Yo intermitente se registró 62,96 ml/kg/min; los valores en banda test continuo 63,59 ml/kg/min y protocolo intermitente 64,98 ml/kg/min.

Los valores de la correlación cruzada del consumo de oxígeno fueron significativas entre Yo-Yo intermitente y la prueba continua de banda ( $r = 0,47$ ,  $p < 0,005$ ); Yo-Yo intermitente y prueba de banda intermitente ( $r = 0,59$ ,  $p < 0,001$ ). Pruebas continua e intermitente en banda ( $r = 0,79$  -  $p < 0,001$ ).

La ergoespirometría en el laboratorio permite estimar con precisión la capacidad aeróbica, las pruebas de campo pueden ser utilizadas como herramienta útil y sencilla, ajustada a la evaluación del entrenamiento específico durante la temporada deportiva.

Siegler y cols (2006) no encontraron correlación significativa en valores reales y estimadas en pruebas de campo y laboratorio de trece jugadores de fútbol masculino a los que se les evaluó mediante esprint de 20 metros (m), ir y

venir en 20 metros, y test Loughborough, consumo máximo de oxígeno en banda, test de Wingate en cicloergómetro y salto vertical.

Se empleó el estadígrafo producto-momento Pearson para tratar los valores absolutos y relativos del consumo máximo de oxígeno, sprint de 20 m, salto vertical y Wingate. Se reportó que la relación entre el consumo máximo real y estimado no fue significativas. Se observaron también relaciones no significativas entre la potencia pico y la potencia media derivadas del test de Wingate, esprint de 20 m, y salto vertical. La media de la frecuencia cardíaca alcanzó un valor promedio 165 +/-7 latidos por minuto representando el 88% de la frecuencia cardíaca máxima. Los resultados demuestran que las diferencias fisiológicas entre los jugadores de élite y no de élite, están basadas en los mecanismos anaeróbicos y aeróbicos para producir la energía necesaria.

Para Di Michele y cols (2009) las características de la superficie del terreno, bien sea artificial o natural durante la evaluación funcional, provoca adaptaciones en los patrones de desempeño mecánico que afecta las necesidades energéticas del rendimiento. En su investigación evaluaron 18 futbolistas de 17,4 años de edad promedio, masa corporal, 66,2 kg y una estatura 175,8 cm, emplearon diferentes pruebas de varias etapas en ambas superficies, incluyendo pausas de recuperación de 1 minuto, a una velocidad inicial del 8 km/h y aumento de 2 km/h después de cada etapa.

Se registraron valores de la concentración de lactato sanguíneo y frecuencia cardíaca. El criterio para la culminación de la prueba fue superar los 4 mmol/l. Las etapas a cubiertas se hicieron a velocidades de 8, 10, 12 y 14 km/h.

Las diferencias encontradas fueron mayores en las pruebas realizadas sobre superficie sintética en las variables concentración de lactato 0,6 mmol/l ( $p < 0,05$ ) y frecuencia cardíaca máxima 4,3 latidos por minuto a velocidades de 10 km/h y de 6,4 latidos por minuto a 8 km/h.

El umbral de 4 mmol/l se alcanzó a una velocidad de 13,1 km/h en superficie sintética, siendo menor ( $p < 0,05$ ) que los 13,9 km/h de césped natural y los 14,4 km/h registrado en banda rodante. La curva de relación lactato/frecuencia cardíaca fue ascendente, lo que indica valores más altos de la frecuencia cardíaca en la prueba de superficie sintética que en terreno natural y banda rodante. Con estos resultados se evidencia la importancia de evaluar rendimiento físico y prescribir el entrenamiento en condiciones específicas en las que se desempeña el futbolista.

Scharhag y cols (2010) confirmaron que la repuesta metabólica al ejercicio con determinados porcentajes del consumo de oxígeno no provoca tensión homogénea. Para llevar a cabo la investigación analizaron el desempeño de 21 sujetos varones, sanos de 29 +/-5 años de edad, una masa corporal de 77 kg +/- 8 y un consumo de  $O_2$  máximo de 59,9 +/-11,8 ml/kg/min.

La determinación del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) se logró mediante dos pruebas progresivas en cicloergómetro hasta el agotamiento. Seguidamente participaron aleatoriamente en dos pruebas de 60 min al 60 y 75% del  $VO_{2m\acute{a}x}$ , manteniendo constante el ritmo de trabajo y se cuantificó la respuesta del lactato sanguíneo.

Los resultados de la concentración de lactato fueron: mínimo 0,7 mmol/l y máximo 5,6 mmol/l al 60% y 2,2 mmol/l y 8,0 al 75% del consumo de oxígeno. Los coeficientes de variación ascendieron 52,4 y 41,3 por ciento al 60 y el 75% del consumo máximo.

Los valores del lactato no mostraron diferencias significativas ( $p \geq 0,08$ ) entre los subgrupos que mostraron  $VO_{2m\acute{a}x}$  menor a 55 ml/kg/min entre 55-65 ml/kg/min y mayor a 65 ml/kg/min.

El ejercicio de resistencia realizado con porcentaje de  $\text{VO}_2$  máximo induce tensión metabólica heterogénea como lo demuestra la gran variabilidad de los datos en la concentración de lactato, incluso en los subgrupos de la capacidad aeróbica similar. Consecuentemente, la prescripción de la intensidad del entrenamiento de resistencia no debe ser únicamente apoyada en porcentajes del  $\text{VO}_2$  máximo.

## **OBJETIVOS**

## 2. OBJETIVOS

A la luz de todas estas investigaciones y considerando que sus resultados contribuyen como marco de orientación para llevar a cabo este trabajo se propuso el siguiente:

Objetivo General

Comparar la evolución de las cualidades físicas en futbolistas venezolanos en formación de 12 a 16 años.

Objetivos específicos:

Estudiar la influencia que la maduración corporal tiene sobre:

Las diferentes manifestaciones de la fuerza muscular

Las cualidades aeróbicas

Las cualidades anaeróbicas

La flexibilidad

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

En esta investigación participaron 123 jugadores de fútbol del Distrito Capital que realizaron su programa de formación general en las instalaciones del Departamento de Educación Física, de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador -Instituto Pedagógico de Caracas durante el período que abarcó los meses de septiembre a diciembre del año 2008 y de enero a julio de 2009.

Todos los jugadores se encontraban formalmente inscritos en diferentes equipos considerados como escuelas de fútbol de los equipos profesionales de la liga de fútbol nacional, de dos universidades y otros de los centros denominados escuelas de talentos deportivos. Las edades de los jugadores abarcaron desde los 12 hasta los 16 años.

Para iniciar el estudio se realizaron reuniones con los técnicos de los equipos, padres y representantes con el fin de informarles el objetivo de la investigación, por lo tanto la participación de los jugadores en el estudio quedó supeditado al consentimiento por escrito que dieron los padres, quienes aceptaron conformes la aplicación del conjunto de pruebas físicas que se aplicaría su representado, dejaron constancia mediante autorización escrita y que les otorgó el derecho de obtener toda información pertinente sobre las pruebas.

Una vez que se conoció la información de la investigación se convocó a los jugadores de manera individual para iniciar las pruebas antropométricas y físicas. Al momento de iniciar las pruebas antropométricas se solicitó que se mostraron con la menor cantidad de indumentaria de manera que facilitara la toma de variables como la masa corporal, estatura, pliegues cutáneos y diámetros. El orden de las pruebas antropométricas y físicas fue como sigue:

### 3.2.1 PRUEBAS ANTROPOMÉTRICAS

A continuación se describe las variables antropométricas, pruebas de campo y laboratorio que se utilizaron en la en la valoración dela aptitud física de cada jugador.

**3.2.1. ESTADIO DE MADURACIÓN:** Inicialmente se orientó mediante una charla informativa a los grupos que formarían parte del estudio sobre lo que se esperaba de esta información y se les instruyó con respecto a la manera de utilizarla. A cada jugador se le entregó dos folios con las imágenes con los estadios madurativos de Tanner (Varona-López y cols, 1988) en los que se describía los genitales y el vello púbico. Se acondicionó un espacio aislado y cerrado dentro del laboratorio para que se realizara la autoevaluación. Una vez finalizada la evaluación los sujetos entregaban los folios con la elección del estadio a partir de la observación hecha por ellos mismos.

El autoexamen ha demostrado ser un método sencillo para evaluar poblaciones numerosas, (Chen y Wang 2009, Chan 2008, Bonat y cols 2002, Hergenroeder y cols 1999). El método puede ser empleado directamente por la muestra a evaluar al aportar con mucha precisión el estado de madurez, (Williams y cols 1988, Duke y cols 1980). La maduración está relacionada con la variación en la aptitud aeróbica, (Mota y cols 2002). La evaluación de los caracteres sexuales sirve como predictor significativo en los resultados de evaluaciones funcionales, (Coelho y cols 2008).

Se elaboró una ficha en una hoja de cálculo para registrar y facilitar el procesamiento de los datos con ecuaciones para obtener:

**3.2.1. EDAD DECIMAL:** Importante para hacer el diagnóstico de cada sujeto de acuerdo al grupo que pertenece. La edad decimal corresponde al periodo de tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento de iniciar la evaluación. Se calcula mediante la ecuación:

$$(((Ae*365,25)+ (Me*30,6001)+De)- (An*365,25)+ (Me*30,6001)+Dn))/365,25$$

donde:

Ae: año de evaluación

Me: mes de evaluación

De: día de evaluación

An: año de nacimiento

Mn: mes de nacimiento

Dn: día de nacimiento

**3.2.1. ESTATURA DE PIE:** El jugador descalzo, de espalda al estadiómetro, con los pies juntos, tronco erguido y cabeza en plano de Frankfort, al lograr la posición se deslizó el carro del estadiómetro sobre el vertex del sujeto con una ligera presión sobre la cabeza para hacer la lectura de la estatura. Se utilizó un estadiómetro de pared marca Sanny con lectura hasta 200 centímetros.

**3.2.1. PESO CORPORAL:** Representa la masa de los sujetos. Se les pidió a todos los individuos que al momento de registrar la masa corporal se ubicaran en el centro de la balanza, descalzo con la menor cantidad de indumentaria posible y sin mantener contacto con objetos aledaños. El valor se registró en kilogramos. Se empleó una balanza Health o meter, Continental Scale Corp Bridgeview made in USA. Con los valores de la estatura y la masa corporal se obtuvo el índice de masa corporal mediante la fórmula:

$$IMC= \frac{\text{Masa corporal (kg)}}{\text{Estratura (m}^2\text{)}}$$

**3.2.1. PANÍCULOS:** La medición de los panículos constituyó un método sencillo no invasivo para estimar la adiposidad general, permitió determinar la deposición relativa del tejido adiposo en los diferentes sitios del cuerpo. Para la medición del panículo se empleó un calibrador de pliegues dérmico marca Slim Guide. Esto es, la cuantificación de una doble capa de piel y tejido adiposo

subcutáneo ubicado en: tríceps y pantorrilla media. Los panículos se han empleado para establecer la relación con la edad cronológica y el nivel de maduración en adolescentes, Veldre y Jürimäe (2004). Para la colocación del calibrador dérmico se demarcó previamente con lápiz dérmico las zonas donde se colocó las ramas del plicometro.

**3.2.1. CIRCUNFERENCIAS:** Ha sido manifiesto el empleo de las circunferencias para evaluar el estado nutricional en poblaciones diferentes, Heymsfield y cols (2008); Kuriyan y cols (2008); Rabito y cols (2008); Kucukerdonmez y cols (2005); Loos y cols (1997); de Bruin y cols (1995).

Son mediciones que permitieron cuantificar el perímetro de los segmentos corporales y su sección transversal. Se utilizó los valores de la circunferencia del tríceps y la pantorrilla, para la determinación de la composición corporal e índices de estado nutricional, estimadas con una cinta métrica flexible marca Sanny medical starrett.

### 3.2.1. PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Los porcentajes de grasa corporal que se reportaron se obtuvieron utilizando el modelo propuesto por Slaughter y cols (1988):

$$\% \text{ de grasa} = (\sum 2 \text{ panículos} * 0,735) + 1$$

El valor representó la cantidad de grasa que mantuvo el sujeto el momento de la evaluación.

Una vez finalizadas las pruebas antropométricas fueron convocados los jugadores para realizar las pruebas físicas. Las condiciones generales para llevar a cabo las pruebas físicas fueron:

- Utilizar la vestimenta empleada consistió en la de uso común para los entrenamientos y partidos.
- Tomar de la última comida antes de la prueba con dos horas de anticipación.
- Antes de iniciar cada prueba física se describió al grupo de evaluados el objetivo y el procedimiento a realizar.
- Se permitió una fase de calentamiento previo que incluía estiramiento muscular, movilidad articular, manipulación de instrumentación para su familiarización antes de la prueba y realizar intentos simulados a baja intensidad.
- Se tomó el mejor de los registro en aquellas que se estableció dos intentos, de acuerdo al protocolo. Se estableció el siguiente orden para aplicar las pruebas:
- Se utilizó un monitor avanzado en la ejecución de las pruebas para describir la misma.

El orden de las pruebas fue como sigue:

### 3.3.1 PRUEBAS PARA EVALUAR LAS CUALIDADES FÍSICAS

Prueba	Número de intentos
Flexibilidad.	02
Salto vertical.	02
Abdominal	01
30 metros.	02
Agilidad	02
Course Navette	01
Resistencia al sprint	01
Test de Wingate	01
Test carga incremental (rampa)	01
Dinamometría manual	02 por mano
Dinamometría tren inferior	02
1 Repetición máxima	01
Saltabilidad (Bosco)	03

Para la conformación de la base de datos con los resultados de todas las pruebas se dispuso de 03 ordenadores portátiles con programa Excel de Microsoft Office 2003 para el procesamiento de los datos.

### **3.3.2 PRUEBAS FÍSICAS GENERALES**

**3.3.1 FLEXIBILIDAD:** La prueba mide la amplitud de movimiento y la evaluación indirecta de la influencia de los 4 principales grupos musculares isquiotibiales y de la corva, Holt y cols (1999). La validez es moderada, Hui y Yuen (2000) cuando es relacionada con la flexibilidad de los músculos isquiotibiales.

La contribución de la flexibilidad en la articulación de la cadera es determinante en los adolescentes, Chillón y cols (2010). En general, la falta de flexibilidad en esta región está relacionada con un mayor riesgo de lesiones, Hilyer y cols (1990). La relación de la prueba sit and reach ha sido relacionada con el crecimiento y los resultados obtenidos se muestran independientes de éste, Kanbur y cols (2005); Feldmany cols (1999).

Para la realización de esta prueba los jugadores se convocaron al laboratorio de fisiología del ejercicio, antes de iniciar la prueba se le indicó al ejecutante que realizará un período de acondicionamiento muscular que consistió en realizar estiramiento muscular durante 5 minutos, una vez concluido se sentó al frente del flexómetro, de aluminio y madera con carro deslizante, con las piernas juntas y rodillas extendidas, descalzo mantuvo el contacto de las plantas de los pies con el flexómetro, mientras una mano se apoya sobre la otra, con la vista al frente. A la señal del evaluador, el ejecutante flexionó el tronco hasta alcanzar la mayor distancia mientras se desplazó al frente. Se concedieron dos intentos y se tomó el mejor para efectos de la evaluación.

Al terminar la prueba se trasladó a al campo de fútbol para realizar las pruebas de:

**3.3.2 VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO:** La velocidad es considerada determinante para el rendimiento posicional del jugador y guarda relación con la agilidad, Kaplan y cols, (2009); Taskin (2008) reconoce que es importante contar con jugadores veloces por la posición de juego, y es una cualidad que debe formar parte del entrenamiento de la fuerza, Hoff J. (2005). El objetivo de esta prueba es medir la velocidad de reacción y aceleración del sujeto. Se mide el tiempo empleado para hacer el recorrido de 30 metros.

La realización de la prueba se llevó en el campo de fútbolde manera individual, sobre el terreno de juego se trazó un carril de un metro de ancho con 40 metros de largo, demarcado con un grupo de conos alineados desde la zona de salida hasta la llegada, un cronometrista se colocó en la línea de llegada para registrar el tiempo que tardó en cubrir cada jugador los 30 metros. Se utilizó para su aplicación 01 cronómetro marca casio con precisión de 1/100, una planilla de registro.

Se permitió a cada sujeto realizar previamente un acondicionamiento muscular que consistió en recorrer la distancia a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  demáxima velocidad antes de la prueba. Una vez que todos los jugaron realizaron el acondicionamiento se inició la prueba. Se realizaron dos intentos de prueba por cada jugador de forma individual. Se colocaron en la línea de salida y a la voz de “listo ya” se inició la carrera, al pasar sobre la línea de llegada se detuvo el cronómetro. Entre cada intento de carrera hubo un periodo de recuperación mínimo de 3 minutos de duración.

**3.3.3 AGILIDAD:** Sheppard y Young (2006) proponen una nueva definición de agilidad como movimiento rápido de todo el cuerpo acompañado de cambio de velocidad o dirección como respuesta a un estímulo. La agilidad es una de las

acciones motrices presentes en todo ámbito de evaluación física, Vescovi y cols (2010); Maio y cols (2010), los protocolos empleados pueden diferenciarse por el empleo de recursos tecnológico que garantiza óptimos registros de las acciones, Young y Willey (2010) El objetivo de la prueba fue medir la agilidad de movimientos del ejecutante para vencer una serie de obstáculos.

El interés por el estudio de la agilidad comprueba la importancia de esta cualidad para muchos deportes, la relación con otros componentes de la condición física, especialmente la fuerza. Young y cols (2002) relacionan la agilidad con la fuerza reactiva de los músculos extensores de las piernas destacan su importancia en el rendimiento y el cambio de dirección, así como la influencia de factores técnicos y percepción sobre el rendimiento de la agilidad. Al maximizar la capacidad de carrera y aumentar la fuerza excéntrica y la flexión de la rodilla permite alcanzar un control neuromuscular eficaz del gesto, Jones y cols (2009).

El objetivo de la prueba consistió en realizar el recorrido en el menor tiempo posible, sobre el propio campo de juego, la trayectoria que debería recorrer cada jugador fue en forma de "8" con dos vueltas con cambios de dirección y velocidad. Antes de la prueba se permitió hacer un recorrido de reconocimiento para fijar la ruta a seguir que se demarcó en forma de rectángulo con cuatro conos. La distancia en metros entre los conos que demarcaron el recorrido fue 5,59\*5,00 y en diagonal 7,50.

Desde la línea de salida el jugador se colocó de espalda con los pies en paralelo. Inició el recorrido con la señal del evaluador, realizó medio giro y corrió a máxima velocidad para efectuar dos vueltas a la trayectoria, al momento de la salida el evaluador activó el cronómetro, cuando el jugador pasó por la primera marca que determinó la primera vuelta se registró el primer tiempo, el jugador continuó hasta que completó la segunda vuelta y se detuvo el cronómetro.

**3.3.4 RESISTENCIA ABDOMINAL:** Su principal finalidad fue valorar la potencia de los músculos abdominales y la resistencia muscular local. La evaluación de la resistencia abdominal ha sido estudiada para conocer su relación con el dolor en adolescentes, Perry y cols (2008); en niños entre los 3 y 7 años se ha registrado diferencia por la edad, Lefkof (1986). La ejecución de los ejercicios que involucran al tronco se ha evaluado en condición estática y dinámica con registro electromiográfico a fin de ofrecer datos para mejorar la realización de las pruebas físicas, Monfort-Pañego y cols (2009); Andersson y cols (1997).

Durante la ejecución tiene influencia significativa en la musculatura del tronco y la cadera la posición de la pelvis, Workmany cols (2008). No hay diferencias en la activación muscular al mantener las rodillas flexionadas o extendidas, aunque se cree que con mantenimiento de la flexión la tendencia es mayor, Parfrey y cols (2008).

El objetivo de la prueba fue evaluar la resistencia dinámica local de la región abdominal. Se les informó a los sujetos que debían realizar el mayor número de repeticiones en 30 segundos, se les describió la posición estándar que mantendrían durante la prueba: sentado con rodillas flexionadas, apoyo de la planta de los pies en el suelo, la posición del cuerpo fue recostado sobre la superficie. La ejecución de la prueba se hizo por pareja. Se le permitió al evaluado realizar el movimiento total tres veces antes de iniciar. Con ayuda de un compañero que sujetó las rodillas para mantenerlas firmes, juntas y con apoyo sobre los pies del ejecutor, a la señal del evaluador con voz de "listo ya" se daba inicio a la prueba, a partir de ese momento el asistente realizó el conteo de los movimientos ascendentes del tronco y el contacto con la cara anterior de los muslos durante toda la prueba.

Solo se consideró válida la ejecución para el conteo cuando la cara anterior del tronco contactó la cara anterior del muslo. Se empleó un cronómetro casio 1/100.

**3.3.5 COURSE NAVETTE:** Es una prueba que se considera confiable y válida para la estimación del consumo de oxígeno Léger y Lambert (1982). Es un test indirecto, de campo, continuo y progresivo para estimar el  $VO_2$ máx a partir de la máxima velocidad alcanzada al momento de finalizar la prueba Léger y cols(1988); Boreham y cols (1990). El número de vueltas está relacionado con el consumo de oxígeno pico, Liuy cols (1992). Empleando la ecuación de Léger y cols, (1988) se constituye en un método válido para estimar el consumo máximo de oxígeno en jóvenes hispanos, Suminskiy cols (2004).

Los jugadores fueron citados al campo de fútbol en el que se demarcó una pista de 20x20 metros, se distribuyeron conos a un metro entre sí para diferenciar los carriles para cada sujeto evaluado, la zona de salida y llegada. La señal audible que permitió ajustar la velocidad de carrera se grabó en un equipo digital mp3 y se transmitió mediante el empleo de altavoces para ampliarla.

Antes de iniciar la prueba se instruyó a los jugadores sobre la importancia de mantenerse en la zona correspondiente antes de cambiar a la otra por efecto de la señal sonora. Un grupo de monitores demostraron la manera de realizar los cambios acoplados con la señal auditiva. Así mismo, a los jugadores evaluados se les permitió realizar un ensayo de tres minutos para ajustarse al cambio de zona y velocidad de carrera. Se colocaron tres evaluadores estratégicamente, de manera que pudieran determinar el momento en que no se cumpliera con la consigna de estar sobre la línea de algunas de las zonas de cambio de dirección, dos de los asistentes se colocaron en proyección frontal y a un metro de la línea de *salida* y *llegada* que representa la zona de contacto para validar que el jugador completó el palier. El tercer evaluador llevó el cronómetro para los registros de los tiempos de aquellos jugadores que abandonaban la prueba.

La prueba se inició con grupos de diez jugadores alineados en la zona de salida y con la voz del evaluador "listos, ya". El control al final de la prueba y para conservar el orden de llegada se ubicó a cada jugador en otra zona próxima

formando una fila en la medida que detenía la prueba. El tiempo empleado por cada jugador quedó registrado en un cronómetro marca casio (1/100) que permitió registros por lap del grupo evaluado.

Se estimó el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) ml/kg/min atendiendo a la ecuación de Léger y Lambert (1982):

$$VO_{2m\acute{a}x} = (31,025 + (3,238 * Velocidad)) - (3,248 * Edad) + (0,1536 * Velocidad * Edad)$$

**3.3.6 SALTO VERTICAL:** El salto vertical es una prueba sencilla para la medición de la energía mecánica de miembros inferiores, (Bosco y cols 1983). El objetivo de la prueba fue medir la potencia global de los músculos extensores de la cadera, rodillas y tobillos. La prueba consiste en realizar un salto con los pies juntos, mientras se alcanza la máxima distancia posible en sentido vertical, (McIntyre y Hall 2005; Wisløff y cols 2004).

Los sujetos fueron convocados al laboratorio de fisiología del ejercicio, allí se acondicionó la zona para el salto, se demarcó el suelo con cinta adhesiva blanca el lugar preciso de ubicación para el salto. El sujeto se coloca junto a la pared y separado a 20 centímetros. Para dejar registro visible de la altura lograda en la pared se pintó una zona de color negro para contrastar con la marca dejada por los dedos (medio de la mano preferente) que estuvieron untados de tiza blanca. Para iniciar el salto cada jugador debía colocarse con el brazo extendido hacia la zona de la pared y debía realizar la primera marca. Después, el ejecutante volvía a untarse el dedo con tiza, flexionada las rodillas y con solo balanceo de brazos se impulsa en sentido vertical hasta alcanzar la máxima altura. Cada sujeto realiza dos intentos saltos y se tomó el mejor para efectos de la evaluación.

Con los valores de la altura alcanzada se calcula la potencia en kilográmetros por segundo mediante el empleo de la ecuación:

$$P = 4,9^{0,5} * p * h^{0,5}$$

p = peso corporal (kg)

h = estatura (m)

**3.3.7 RESISTENCIA AL ESPRINT 30 METROS:** La capacidad que tienen los jugadores de hacer varios esprints repetidos durante un partido deben ser considerados por los entrenadores, dándole lugar a los ejercicios de esprints repetidos en los programas de entrenamiento, (Kaplan 2010). La evaluación del rendimiento anaeróbico mediante test de campo se ha ido popularizando y se ha enfocado en la realización de múltiples esprint con recuperación parcial acercándose a una situación de juego real, Aziz y cols (2004). Los protocolos de pruebas deben consistir en gestos motrices específicos que simule el patrón de la disciplina deportiva. La evaluación de la fuerza y la potencia muscular en jugadores de diferente nivel permite diferenciar a los mejores dotados de los menos exitosos, (Cometi y cols 2001). Los resultados de la prueba se correlacionan con la prueba de velocidad y salto vertical, (Chamari y cols 2004). Algunos autores señalan que se deben contar con jugadores con gran capacidad de sprint por posición, Taskin (2008).

La prueba se realizó en el campo de fútbol del departamento de educación física del Pedagógico de Caracas y cada jugador debió realizar una serie de 7 esprints continuos, sobre una distancia de 30 metros y continuar 10 metros adicionales en línea recta, pero a baja velocidad hasta retornara la zona de salida, manteniendo la carrera de baja intensidad que debió cubrir en 25 segundos entre cada recorrido. Antes de iniciar la prueba se le permitió a cada jugador hacer un reconocimiento de la trayectoria que debía hacer a mínima velocidad. El objetivo de la prueba fue completar cada recorrido de 30 metros en el menor tiempo posible. Se registró el tiempo empleado para cubrir cada esprint. A la voz del evaluador se dio inicio a la prueba, para continuar con las repeticiones el segundo cronometrista daba la señal una vez que el evaluado estuviera en la zona de salida. Para evaluar el rendimiento en la prueba se tomaron los valores como: mejor tiempo entre todos los esprint, tiempo medio,

suma de los siete tiempos divididos entre siete y tiempo de fatiga, la diferencia porcentual entre el mejor y el peor tiempo.

Se utilizaron dos cronometristas por cada jugador que realizó la prueba el primer cronometrista tomó el tiempo que tarda en cubrir los treinta metros y el segundo cronometrista registró los 25 segundos de carrera a baja intensidad que completa la serie para volver a la zona de salida.

### **3.3.3 PRUEBAS DE LABORATORIO**

El uso de las pruebas en laboratorio han probado ser de mucha utilidad en la evaluación de parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento físico, Chamari (2004); acompañada con ergometría mejora la precisión de los resultados, Metaxas y cols (2005); y para fijar las diferencias individuales las evaluaciones se deben enfocar en la capacidad anaeróbica y aeróbica, Siegler y cols (2006).

Se garantiza la exactitud de los resultados con el uso de metodología completas y equipos confiables, Svensson y, Drust (2005), Girard y cols (2006).

#### **3.3.3.1. CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO:**

La valoración del consumo de oxígeno pico se hizo empleando un protocolo con aumentos de cargas de un minuto de duración. Los jugadores fueron citados en horas de la mañana al laboratorio de fisiología del ejercicio del departamento de educación física perteneciente al Pedagógico de Caracas. Los sujetos utilizaron indumentaria cómoda que consistió en zapatos deportivos y pantalón corto. El evaluador dio las instrucciones iniciales sobre el objetivo de la evaluación, se les informó que durante la prueba si llegarán a sentir una molestia o incomodidad de cualquier tipo podían solicitar la detención de la prueba, así mismo se hizo una demostración del funcionamiento de la banda sin que incluyó el uso del botón de emergencia en caso de una caída, del analizador de gases y

del pulsómetro. Se le permitió a cada sujeto antes de la prueba familiarización con los equipos de manera de lograr ajustar la mascarilla del analizador y que se subieran a la banda sin fin para que percibieran el movimiento del tapiz. Una vez que concluyeron las demostraciones y ensayos se dio inicio a la prueba. La muestra de gases espirados se obtuvo mediante un analizador de gases, modelo VO2000, marca Med Graphips portátil, auto calibrado y acoplado a un computador con el software Breeze versión 6.0; la marca y modelo de banda sin fin, fue Track Master modelo 410. La velocidad de la marcha, se ajustó de forma manual de acuerdo al protocolo. El esquema sobre las velocidades se describe como sigue:

Tiempo total (min)	Duración del estadio (min)	Velocidad (Km/h)	Velocidad mph	Inclinación
3	3	6,4	4,0	0
4	1	8	5,0	0
5	1	8,8	5,5	0
6	1	9,7	6,1	0
7	1	10,5	6,6	0
8	1	11,3	7,1	0
9	1	12,1	7,6	0
10	1	12,9	8,1	0
11	1	13,7	8,6	0
12	1	14,5	9,1	0
13	1	15,3	9,6	0
14	1	16,1	10,1	0
15	1	16,1	10,1	2,5
16	1	16,1	10,1	5
17	1	16,1	10,1	7,5
18	1	16,1	10,1	10
19	1	16,1	10,1	12,5
Recuperación	1	8	5,0	0
Recuperación	1	8	5,0	0
Recuperación	1	6,4	4,0	0
Recuperación	1	6,4	4,0	0
Recuperación	1	6,4	4,0	0

Se llevó el registro de la frecuencia cardíaca cada minuto antes, durante y en la fase de recuperación en 5 minutos con un pulsómetro marca Polar, modelo S625X.

Durante cada etapa de la prueba se consultó al evaluado sobre la posibilidad de continuar la misma. La prueba finalizó cuando el evaluado así lo solicitó, el evaluador procedió a disminuir la velocidad hasta el nivel de cinco millas por hora durante dos minutos y hasta cuatro millas por tres minutos, en los casos en que se logró aumentar la inclinación del tapiz se procedió primero a bajar la inclinación hasta cero por ciento, durante ese período se registró el consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca de recuperación.

**3.3.3.2 TEST DE WINGATE:** Desde 1974 es la prueba más utilizada para evaluar el componente anaeróbico. La realización consistió en realizar pedaleadas a máxima frecuencia durante 30 segundos, considerado un tiempo óptimo para la capacidad de trabajo anaeróbico, Green (1995).

La ergometría ha contribuido en la evaluación de la energía a corto plazo de potencia media y la fatiga en niños, Williams (1997). Sands y cols (2004) consideran que el test de Wingate mide características anaeróbicas definidas como capacidad y potencia. Patton y cols (1985) sugieren el empleo de la masa corporal para la aplicación de la resistencia de frenado.

Antes de realizar la prueba se estimó la fuerza de frenado que debía colocarse en el cicloergómetro y que correspondió a 75 gramos por cada kilogramo de peso corporal. Los valores finales que se obtendrían correspondieron a: potencia máxima, potencia media y potencia mínima, además del porcentaje de fatiga. La prueba se realizó en un cicloergómetro Monark, modelo 839, acoplado a un computador que contenía el software Anaerobic Test. Versión 2.0.

El procedimiento se inició con el pesaje de los sujetos, con la menor cantidad de ropa, seguidamente se les describió el objetivo y procedimiento de la prueba, fundamentalmente mantener la pedaleada durante toda la prueba, y también se les describió lo que se esperaba que hicieran. Se les permitió realizar un calentamiento con pedaleo continuo durante 10 minutos con una carga equivalente al 40 % de la máxima que fue colocándose progresivamente. Al finalizar el acondicionamiento, se ajustó la resistencia real que debía vencer el sujeto evaluado. Se le indicó que iniciara el pedaleo nuevamente a máxima revoluciones del pedal a la voz de “arranca” y a los tres segundos después de haber iniciado se activó la resistencia mediante un dispositivo que libera la canasta con la carga. Durante la realización de la prueba se permitió a los compañeros presentes que auparan al evaluado de manera verbal. La máxima frecuencia de pedaleo debía mantenerse hasta que finalizaran los 30 segundos de la prueba. Al concluir el tiempo se liberaba al pedal de la resistencia y el sujeto debía seguir pedaleando durante 5 minutos.

**3.3.3.3 DINAMOMETRÍA:** La dinamometría es empleada para estimar la fuerza general, Bohannon (2009) empleando la fuerza de los miembros inferiores, del torso y extensión de rodillas. Su uso es muy adecuado cuando desea valorar la fuerza de un segmento, con la ventaja de disminuir la carga y el número de acciones musculares, Bohannon (2009); Bohannon (2008). La fuerza isométrica ha sido empleada por más de 40 años en ciencias del ejercicio Wilson y Murphy (1996).

La máxima expresión de la fuerza se alcanza con el codo flexionado hacia adelante con ángulo de 90 grados, Alkurdi y Dweiri (2010), así mismo la interpretación de los resultados se hace con base en los niveles de maduración de cada sujeto, Nedeljkovic y cols (2007); Hansen y cols (1999). De Smet y Vercammen (2001) reportaron correlación entre la edad y fuerza de aprehensión.

El objetivo de la prueba fue medir la tensión que se genera en la musculatura de las manos y de los miembros inferiores. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de fisiología del ejercicio del departamento de educación física, los sujetos fueron convocados a partir de las 8:00 am. Antes de iniciar la prueba se les indicó al jugador el objetivo de la prueba y se le instruyó sobre la manera en debía tomar el dinamómetro manual con una y otra mano para evitar distorsión en la lectura del mismo. La posición del cuerpo al hacer la prueba fue de pie, con separación de las piernas al ancho de los hombros, ajuste del gatillo según la comodidad del ejecutante, desde esa posición mantuvo flexión del hombro y del codo al frente en 90 grados, al iniciar la aprehensión del dinamómetro descendía el brazo hasta quedar extendido y entregó el dinamómetro al evaluador con la pantalla orientada hacia arriba.

La ejecución de la prueba de miembros inferiores se hizo en posición decúbito dorsal sobre una camilla acondicionada para que el evaluado quedará con los codos extendidos sobre la cabeza, fijado a la superficie de la camilla para evitar proyección de la cadera y desde ese posición lograr máxima extensión de las rodillas a partir de un ángulo de 90 grados. Los equipo utilizados fueron dos dinamómetros, manual y de plataforma Back & Leg Dynamometer Takei Kiki Kogyo Co., LTD

**3.3.3.4 SALTABILIDAD:** Los saltos han sido empleados para evaluar la condición física, Ortega y cols (2010), el empleo de dispositivos electrónicos para el registro del tiempo de vuelo del salto ha sido muy útil para evaluar atletas, García y cols (2005). Su utilidad ha sido comprobada en diferentes deportes actividades, como el levantamiento de pesas, Carlock y cols (2004) resistencia Earp y cols (2010), baloncesto Castagna y cols (2009), para fijar la diferencia de fuerza entre género Alegre y cols (2009).

La prueba se realizó en las del departamento de educación física en horas de la tarde. Se les pidió a los sujetos realizar la prueba con la indumentaria de

juego sin incluir los zapatos. Se les describió en que consistía la prueba y se utilizó un estudiante-monitor que demostró la ejecución una vez terminado el ensayo se dió paso a la prueba. La ejecución consistió en realizar saltos múltiples libres con ayuda los brazos sobre la alfombra de contacto conectada Axon Jump Modelo T conectada a un computador con el software para el procesamiento de los datos. Antes de dar inicio a la permitió que los jugadores realizaran el acondicionamiento muscular durante cinco minutos y luego tres ensayos fuera de la alfombra en una zona demarcada de manera similar al área de la alfombra con el fin de memorizar la zona de aterrizaje dentro de la alfombra. Se tomaron los valores promedios obtenidos de los saltos.

**3.3.3.5 FUERZA MÁXIMA** (1 Repetición máxima): Es un método empleado para evaluación de la fuerza y resistencia muscular en niños, Robertson y cols (2008); Faigenbaum y cols (1999); Ramsay y cols (1990).

Esta prueba se llevó a cabo en horas de la tarde en la sala de fisiometría del departamento de educación física del Instituto Pedagógico de Caracas. Se utilizaron cuatro estudiantes monitores para que estuviera presente en cada estación del circuito ajustando las cargas que debían movilizar los jugadores evaluados. Antes de iniciar la prueba se dieron las instrucciones sobre el objetivo de la prueba y para garantizar la seguridad de los evaluados al momento de encontrarse en las diferentes estaciones de trabajo. Se emplearon cuatro estaciones en un multifuerza de polea para la estimación de la mayor resistencia que pudieran desplazar los sujetos a partir del sistema ensayo-error. A todos los se les permitió iniciar con una fase de familiarización y ejecución de los gestos desplazando la menor carga disponible en ocho repeticiones.

En un segundo intento de familiarización se aumentó la carga a un equivalente del 30 por ciento de la masa corporal, McCurdy y cols (2008). Entre ambos intentos se permitió un período de recuperación de tres minutos. A partir del tercer intento se estimó el máximo posible cuando el ejecutante no era capaz

de lograr la máxima extensión articular en las pruebas press de banca y extensores de rodilla y de máxima flexión en la prueba curl de bíceps braquial y flexión de rodillas. El tiempo de duración para la ejecución de cada intento fue de dos segundos y de dos minutos cuando se superaba la resistencia y se incrementaba la carga para el próximo intento.

Del segmento corporal superior se empleó para evaluar la fuerza el denominado press de banca, la posición del ejecutante fue decúbito dorsal con la barra a nivel de los hombros, se le pidió que mantuviera las rodillas flexionadas y pies cruzados de manera que la espalda lograra todo el apoyo sobre la tabla de ejecución, cada intento de desplazamiento de la barra se hizo con los codos extendidos, a la voz del evaluador “baja-sube” flexionaba y volvía a la extensión total. El curl de bíceps braquial se hizo desde la posición de pies, con toma del manubrio con ambas manos y codos extendidos, el tronco permaneció erguido y con un pie ligeramente adelantado, a la voz del evaluador el ejecutante flexiona los codos hasta llegar a la altura de los hombros y luego extiende.

En el segmento inferior flexión de rodillas tendido en decúbito abdominal, la región postero inferior de la pierna fue el punto de contacto para desplazar la resistencia, las manos se mantuvieron a los lados y sujetas al equipo para estabilizar el cuerpo, la ejecución se inició con extensión de la articulación de la rodilla para flexionar posteriormente. La prueba para la extensión de rodillas se hizo en posición sentado, que se logró estandarizar la flexión de la rodilla a 90 grados debido a la posibilidad de ajustar el sillín del multifuerza. El ejecutante debía extender luego flexionar la articulación de la rodilla. La estabilización del cuerpo se logró por el agarre lateral que hizo cada ejecutante.

## 4. MÉTODO ESTADÍSTICO

El procedimiento estadístico utilizado para el procesamiento de los datos se fundamenta en el análisis descriptivo de los datos, expresando la información en los siguientes estadísticos: media, desviación típica, mínimo, máximo. La información se presentó en cuadros.

La estimación de la asociación entre el nivel alcanzado en cada prueba y el desarrollo se hizo mediante la correlación de Pearson.

Para el análisis de los diversos factores influyentes se utilizó el método del análisis de la varianza, con medidas repetidas: un factor intrasujeto y un factor entresujetos. La significancia se obtuvo tras aplicar la prueba ANOVA considerando que la diferencia de medias es significativa al nivel 0,05 y para identificar los grupos diferentes se utilizó un análisis post hoc con la técnica de comparación múltiple de Bonferroni.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

## 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El empleo de los resultados sobre pruebas de aptitud física en adolescentes orienta la evaluación e interpretación de la condición física con más precisión, Ortega y cols (2010). En 1994 Andersen afirma que los cambios en el nivel de aptitud física en adolescentes aumentan con el paso del tiempo. Igualmente señala que estos cambios son similares en diferentes países aún con diferencias en patrones de actividad y en los resultados absolutos de las evaluaciones.

Estudiar las cualidades físicas y las características antropométricas permite a los entrenadores la identificación y desarrollo del talento de jugadores que pueden ser exitosos, Pienaar y cols (1998); Hoare y Warr (2000) han demostrado que es posible seleccionar jugadores fundamentándose en características fisiológicas, antropométricas y de habilidad; Helsen y cols (2000) respecto al estudio de las cualidades físicas y el talento afirman que éste puede ser explicado por la precocidad física que representa una ventaja relativa.

El estudio de las características del futbolista han demostrado que los componentes fisiológicos no se consideran el único factor para predecir el éxito competitivo, pero son condiciones necesarias para la alta competencia y desempeñan un papel decisivo en la selección de talentos, Buncy Psotta (2001) La clasificación del jugador que no tomé en cuenta los elementos específicos del juego pudiera no ser útil en la identificación del jugador con talento, Ré y cols (2010).

En el cuadro 1 se muestra los valores obtenidos de las características antropométricas por grupo etario. El cuadro 2 destaca los valores de significancia encontrados entre los grupos por variables.

Las variables de la composición corporal incluyen la masa corporal que muestra al grupo de 12 años como el más ligero, es significativamente diferente a los grupos de 13, 14, 15 y 16 años. Los sujetos del grupo de 13 años son

significativamente diferentes a los de 12, 14, 15 y 16 años. Los grupos de 14, 15 y 16 obtuvieron mayores registros del peso corporal y se diferencian significativamente de los grupos de 12 y 13 años.

La estatura inferior mostrada por los grupos de 12 y 13 años los hace diferentes significativamente en comparación con el resto de los grupos. Los sujetos de 14, 15 y 16 años son los de estatura superior y solo muestran diferencias significativas con el grupo de 12 años.

Los valores de la relación estatura/peso<sup>2</sup> corporal mostró a los grupos de 12 y 13 años con diferencia significativa respecto a los grupos de 14, 15 y 16 años, sin diferencias entre sí. Los sujetos de 14, 15 y 16 años solo fueron significativamente diferentes a los de 12 y 13 años.

El porcentaje de grasa promedio superior en el grupo de 12 años en comparación con el resto de los grupos, mientras el grupo de 13 años presentó valores más dispersos. No se encontró diferencias significativas entre los grupos. Hubo buena correlación  $r=0,78$  entre grupo etario e índice de masa corporal.

	Edad	N	Media	intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Masa corporal (kg)	12	37	40,68	38,19	43,17
	13	33	50,95	47,43	54,47
	14	41	58,95	55,47	62,43
	15	50	61,29	58,67	63,91
	16	56	63,23	60,70	65,75
Estatura (m)	12	37	1,49	1,47	1,51
	13	30	1,60	1,57	1,64
	14	32	1,69	1,66	1,72
	15	37	1,70	1,68	1,72
	16	52	1,70	1,68	1,72
Índice masa corporal (kg.m <sup>2</sup> )	12	37	18,29	17,42	19,17
	13	30	18,89	18,07	19,72
	14	32	21,28	20,33	22,23
	15	37	21,59	20,75	22,43
	16	52	21,66	21,04	22,27
Porcentaje de grasa	12	17	14,85	12,47	17,23
	13	38	13,80	12,31	15,30
	14	45	13,18	11,42	14,95
	15	60	13,78	12,69	14,87
	16	56	13,88	12,43	15,33

Cuadro 1. Valores en media y desviación estándar de las características antropométricas.

		Sig.
Masa corporal	Inter-grupos	0,00
	Intra-grupos	
Estatura	Inter-grupos	0,00
	Intra-grupos	
Índice de masa corporal	Inter-grupos	0,00
	Intra-grupos	
Porcentaje de grasa	Inter-grupos	0,84
	Intra-grupos	

Cuadro 2. Valores de significancia de las variables antropométricas. |

Las diferencias significativas se registraron para el estado de madurez, la masa corporal, la altura.

El cuadro 3 muestra los valores en comparación con el estudio de Vaeyens y cols (2006).

Edad	Vaeyens y cols (2006)								
	Est	Pes	Under	Elite		Subelite		No elite	
				Est	Pes	Est	Pes	Est	Pes
12	149	40,68	13	151,8	40,3	151,5	40,8	153,5	42,3
13	160	50,95	14	157,7	44,3	161,3	48,0	160,5	46,7
14	169	58,95	15	167,5	53,4	167,9	52,9	168,4	54,5
15	170	61,29	16	171,7	57,9	174,0	60,6	175,1	60,5
16	170	63,23							

Est= estatura en centímetros  
 Peso= peso corporal en kilogramos

Cuadro 3. Valores de las características antropométricas de los grupos.

Se observa que no existe diferencia en la estatura de ambos estudios, no así en el peso corporal en el que los sujetos de Vaeyens y cols resultaron más livianos a partir de los 13 años.

Los indicadores de las características sexuales de Tanner mostraron diferencias significativas del grupo de 12 años con el resto de los grupos. En los grupos 13, 14, 15 y 16 solo fueron diferentes a los individuos del grupo de 12 años. El procedimiento empleado ha expuesto un nivel de correlación moderadamente alto, sin diferencias significativas en la clasificación médica, Williams y cols (1988); sin embargo Varona y cols (1988) encontraron que esa relación es pobre.

Los componentes evaluados de la fuerza y la potencia muscular están representados por los resultados obtenidos en la pruebas de abdominales, agilidad, velocidad, flexión y extensión de rodillas, flexión y extensión de codos, press de hombros, dinamometría en ambas manos y en miembros inferiores; saltabilidad, esprints repetidos y Wingate. Los resultados se exponen por grupo etario en los cuadros que sigue.

La correlación entre mejor intento en la prueba de abdominales y edad decimal fue moderada  $r=0,41$  ( $p<0,05$ ).

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Mejor abdominal en 30 seg (rep)	12	14	25,71	23,5	27,93
	13	11	24,64	22,4	26,87
	14	10	27,6	23,84	31,36
	15	13	30,77	27,65	33,89
	16	14	28,57	25,17	31,97
Tiempo fraccionado agilidad (seg)	12	8	9,58	9,07	10,09
	13	12	9,57	9,07	10,07
	14	17	8,79	8,53	9,05
	15	18	8,72	8,46	8,99
	16	23	8,71	8,55	8,86
Tiempo total agilidad (seg)	12	8	18,96	18,37	19,55
	13	12	18,99	18,06	19,92
	14	17	17,31	16,86	17,75
	15	18	17,1	16,52	17,67
	16	23	17,25	16,92	17,59
Mejor tiempo 30 metros (seg)	12	31	4,48	4,15	4,81
	13	30	4,45	4,32	4,57
	14	29	4,42	4,26	4,59
	15	21	4,14	3,98	4,29
	16	29	4,11	3,99	4,24

Cuadro 4. Valores en media y desviación estándar de los test abdominal, agilidad y velocidad en 30 metros.

		Sig.
Mejor abdominal 30 (seg)	Inter-grupos	0,022
	Intra-grupos	
Agilidad tiempo fraccionado	Inter-grupos	0
	Intra-grupos	
Agilidad tiempo total	Inter-grupos	0
	Intra-grupos	
Mejor tiempo 30 metros	Inter-grupos	0,02
	Intra-grupos	

Cuadro 5. Valores de significancia de las pruebas abdominal y agilidad.

Vaeyens y cols (2006)					
Edad	Repeticiones	Under	Elite	Subelite	No elite
12	25,71	13	26,4	24,6	23,8
13	24,64	14	27,5	26,8	25,7
14	27,60	15	30,2	28,3	26,0
15	30,77	16	30,2	28,3	27,5
16	28,57				

Cuadro 6. Registros del número de repeticiones en la prueba de abdominales 30 segundos de los grupos por edad.

Los grupos de 13 y 14 años obtuvieron los valores más altos en ambos grupos.

La prueba de abdominales en 30 segundos denominado *mejor intento* fue diferente solo entre los grupos de 13 y 15 años.

No hubo diferencias en el tiempo fraccionado de la primera vuelta recorrida y el tiempo total en la prueba de agilidad entre los grupos de 12 y 13, entre sí. En ambos grupos se observó diferencias con los de 14, 15 y 16 años. No se encontró diferencias entre los grupos 14,15 y 16 años entre sí, fueron diferentes a los grupos de 12 y 13 años.

No se encontró diferencias en la prueba de velocidad en 30 metros. Vaeyens y cols (2006) clasificaron en cuatro grupos etarios y tres categorías al grupo de jugadores el cuadro 7 muestra los registros de ambos estudios:

Edad	Tiempo 30 m	Vaeyens y cols (2006)			
		Under	Elite	Subelite	No elite
12	4,48	13	4,4	4,5	4,7
13	4,45	14	4,3	4,3	4,5
14	4,42	15	4,1	4,2	4,4
15	4,14	16	3,9	4,0	4,0
16	4,11				

Cuadro 7. Registros de los tiempos empleados en la prueba de velocidad en 30 metros de los grupos por edad.

Los sujetos del grupo de 12 años se mantuvieron similares al grupo catalogado como Elite. El grupo de 13 fue similar al catalogado como No elite; los sujetos de 14 años obtuvieron valores similares al grupo Subelite. El grupo de 15 años estuvo por debajo de las tres categorías.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Extensión de rodillas	12	32	153,75	139,28	168,22
	13	18	167,22	139,1	195,34
	14	20	213,64	177,88	249,39
	15	23	243,04	217,52	268,57
	16	10	268	218,81	317,19
Flexión de codos	12	32	25,94	23,37	28,5
	13	18	31,22	27,25	35,2
	14	18	40	31,91	48,09
	15	24	37,92	32,37	43,46
	16	10	53,1	43,84	62,36
Flexión de rodillas	12	32	27,03	22,91	31,15
	13	18	34,44	27,37	41,52
	14	19	65,16	48,75	81,57
	15	22	67,66	55,63	79,69
	16	10	59	45,74	72,26
Hombros press en banco	12	32	48,44	39,9	56,97
	13	18	61,39	37,48	85,3
	14	18	100,28	77,87	122,69
	15	23	122,39	110,32	134,46
	16	10	139,5	122,69	156,31

Cuadro 8. Valores en media y desviación estándar valores del test de fuerza sobre 1 repetición máxima.

		Sig.
Extensión de rodillas	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Flexión de codos	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Flexión de rodillas	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Hombros press en banco	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	

Cuadro 9. Valores de significancia de las pruebas fuerza muscular 1RM.

Los valores de la extensión de rodillas mostraron diferencias entre el grupo de 12 con los de 14, 15 y 16 años. El rendimiento de los sujetos de 13 años fue diferente al obtenido en los grupos 15 y 16 años. Los sujetos de los grupos de 15 y 16 se diferenciaron de los grupos 12 y 13 años. No hubo diferencias entre los grupos de 14, 15 y 16 años.

En cuanto a la flexión de codos las diferencias se ubicaron entre los grupos de 12 con los de 14, 15 y 16 años; 13 con el grupo de 16; los grupos 14 y 15 con los sujetos de 12 y 16 años; el rendimiento del grupo etario de 16 fue diferente al resto de los grupos. Los niveles y valores obtenidos de la correlación de Pearson de la prueba de fuerza muscular corresponden a:

Nivel de correlación	Variables correlacionadas
muy buena $r=0,80$	flexión de rodilla y press de hombro en banca.
moderada $r=0,40$ ( $p<0,05$ )	extensión de rodillas y el tiempo final al detener la prueba correlación
negativa moderada $r=-0,46$ ( $p<0,05$ )	extensión de rodillas y vello púbico.
bueno $r=0,70$	extensión de rodillas y flexión de rodillas.
moderada $r=0,58$ ( $p<0,05$ )	flexión de codos y press de hombros en banco.
bueno $r=0,74$	flexión de codos y flexión de rodillas.
bueno $r=0,65$	flexión de codos y extensor de rodillas.

La flexión y extensión de rodillas y la flexión de codos explican el 70,45% de los resultados obtenidos.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Mejor mano izquierda	12	32	24,22	22,2	26,23
	13	21	29,62	26,43	32,8
	14	18	35,06	30,5	39,61
	15	49	39,83	37,96	41,7
	16	27	42,37	39,97	44,77
Mejor mano derecha	12	32	24,89	23,11	26,68
	13	21	40,45	21,38	59,52
	14	22	39,86	34,73	44,99
	15	49	41,06	38,89	43,24
	16	27	43,11	40,22	46,00
Mejor miembros inferiores	12	32	61,72	55,12	68,32
	13	23	74,7	63,49	85,9
	14	28	94,43	82,66	106,19
	15	28	116,89	103,86	129,92
	16	32	108,53	99,39	117,67

Cuadro 10. Valores en media y desviación estándar test de dinamometría manual y miembros inferiores.

		Sig.
Mejor mano izquierda	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Mejor mano derecha	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Mejor miembros inferiores	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	

Cuadro 11. Valores de significancia de las pruebas isometrías de manos y miembros inferiores.

La fuerza isométrica de miembros inferiores fue diferente en los grupos de 12 años en comparación con los de 14, 15 y 16. El grupo de 13 fue diferente al de 15 y 16. El grupo de 14 se diferenció de los grupos 12 y 15. Los sujetos de 15 fueron diferentes a los de 12, 13 y 14. Lo sujetos de 16 años se diferenciaron al de 12 y 13. En cuanto a la asociación entre los resultados de la prueba de fuerza isométrica y el resto de las variables se encontraron así:

Nivel de correlación	Variables relacionadas
moderada $r=0,47$ ( $p<0,05$ )	fuerza isométrica mano izquierda y $VO_2$ max
muy buena $r=0,89$	fuerza isométrica mano izquierda y fuerza isométrica mano derecha.
bueno $r=0,65$	entre fuerza isométrica miembros inferiores y fuerza isométrica mano derecha.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Mejor altura (m)	12	25	0,47	0,417	0,52
	13	35	0,39	0,363	0,42
	14	18	0,46	0,388	0,52
	15	19	0,48	0,414	0,55
	16	34	0,5	0,46	0,53
Mejor potencia (kg.sec)	12	25	59,54	51,94	67,15
	13	34	72,87	65,55	80,19
	14	18	90,59	80,46	100,72
	15	19	93,45	79,87	107,02
	16	34	92	82,31	101,69
Altura (cm)	12	15	25,98	22,65	29,3
	13	12	27,46	25,05	29,87
	14	15	32,5	29,04	35,96
	15	21	33,21	30,95	35,46
	16	15	34,46	31,51	37,4

Cuadro 12. Valores en media y desviación estándar de valores de las pruebas salto vertical (detente) y saltabilidad.

	Sig.
Mejor altura (m)	Inter-grupos 0,003
	Intra-grupos
Mejor potencia (kg.sec)	Inter-grupos 0,000
	Intra-grupos
Altura (cm)	Inter-grupos 0,000
	Intra-grupos

Cuadro 13. Valores de significancia de las pruebas salto vertical (detente) y saltabilidad.

Los valores de la mejor altura alcanzada en la prueba detente vertical fueron diferentes entre los sujetos de 12 y 13 años; grupo de 13 con 15 y 16 años; los sujetos de 15 años fueron diferentes a los de 13 y el grupo de 16 se mostró diferente al de 13 años.

En lo correspondiente a la potencia derivada del salto vertical se encontró diferencias entre los grupos 12 con los sujetos de 14, 15 y 16 años. Los grupos de 13 con los de 15 y 16 años. El rendimiento del grupo de 14 fue diferente al de 12 años; los grupos de 15 y 16 se diferenciaron de los grupos 12 y 13. No se encontró diferencias entre los grupos etarios de 14, 15 y 16 años entre sí. Entre frecuencia cardíaca real y altura de la prueba de saltabilidad fue buena  $r=0,63$ .

		Vaeyens y cols (2006)			
Edad	Altura (cm)	Under	Elite	Subelite	No elite
12	47	13	33,7	32,6	30,8
13	39	14	37,1	37,0	34,4
14	46	15	40,1	40,3	35,6
15	48	16	44,7	45,0	41,1
16	50				

Cuadro 14. Registros de la altura lograda en la prueba Detente por los grupos.

En la prueba de saltabilidad los grupos de 12 y 13 años fueron diferentes a los de 14, 15 y 16 años. El grupo de 14 fue diferente solo al de 12 años. Los grupos de 15 y 16 se diferenciaron de los de 12 y 13 años.

En los resultados obtenidos de la prueba de saltabilidad con participación libre de los brazos se evalúa la contribución de estos al logro de la máxima altura, considerando que este aporte es del orden del 12,7% del total, Lees y Barton (1996).

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Mejor tiempo esprint (seg)	12	24	7,7	7,39	8,01
	13	29	7,62	7,38	7,87
	14	13	7,65	7,36	7,94
	15	24	6,7	6,06	7,35
	16	35	7,09	6,86	7,32
Tiempo fatiga (seg)	12	24	1,1	0,80	1,4
	13	29	1,04	0,77	1,31
	14	13	1,01	0,69	1,33
	15	24	1,71	0,69	2,73
	16	35	0,84	0,68	1,00
Tiempo promedio (seg)	12	24	8,24	7,91	8,56
	13	29	8,16	7,82	8,49
	14	13	8,22	7,82	8,62
	15	24	7,33	7,00	7,67
	16	35	7,49	7,21	7,77

Cuadro 15. Valores en media y desviación estándar tiempos de la prueba esprints en 30 metros.

		Sig.
Mejor tiempo esprint (seg)	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Tiempo fatiga (seg)	Inter-grupos	0,093
	Intra-grupos	
Tiempo promedio (seg)	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	

Cuadro 16. Valores de significancia de la prueba esprint repetidos.

El mejor tiempo registrado en la prueba sobre resistencia al esprint mostró diferencias en los grupos etarios 12-15; 13-15 años; 14-15; 15 con 12,13 y 14. No se encontró diferencias significativas entre los grupos en la variable fatiga de la prueba de esprint. El tiempo promedio de la prueba fue diferente entre los sujetos de 12, 13 y 14 con los de 15 y 16. Los grupos de 15 y 16 fueron diferentes a los sujetos de 12, 13 y 14 años.

La asociación entre variables fue:

Correlación baja negativa  $r=-0,35$  ( $p<0,05$ ) Mejor tiempo del esprint con la edad.

Buena correlación negativa  $r=-0,71$  entre Mejor tiempo del esprint y fuerza isométrica mano derecha.

Buena correlación negativa  $r=-0,71$  entre Mejor tiempo del esprint y fuerza isométrica mano izquierda.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Índice fatiga (%)	12	9	6,74	5,22	8,25
	13	8	8,67	7,38	9,97
	14	10	9,58	8,19	10,96
	15	16	11,56	9,37	13,74
	16	28	11,13	9,46	12,80
Potencia máxima (vatios/kg)	12	9	7,29	6,34	8,24
	13	8	5,07	2,24	7,89
	14	10	10,98	9,63	12,32
	15	16	11,17	10,5	11,85
	16	28	11,38	10,74	12,01
Potencia promedio (vatios/kg)	12	9	3,94	3,19	4,69
	13	8	12,25	8,96	15,53
	14	10	5,66	5,02	6,30
	15	16	5,82	5,4	6,24
	16	28	6,10	5,72	6,48

Cuadro 17. Valores en media y desviación estándar del test de Wingate en 30 segundos.

		Sig.
Índice fatiga (%)	Inter-grupos	0,01
	Intra-grupos	
Potencia máxima (vatios/kg)	Inter-grupos	0,00
	Intra-grupos	
Potencia promedio (vatios/kg)	Inter-grupos	0,00
	Intra-grupos	

Cuadro 18. Valores de significancia de la prueba Wingate.

El índice de fatiga de la prueba Wingate en 30 segundos fue diferente entre los grupos 12 con los de 15 y 16 años; los sujetos de 15 y 16 fueron diferentes al de 12.

La máxima potencia fue diferente en los grupos 12 y 13 en comparación con los de 14, 15 y 16 años. El grupo de 14 fue diferente al de 12 y 13 años. Los sujetos de 15 y 16 fueron diferentes a los de 12 y 13 años.

La potencia promedio fue diferente entre los grupos 12, 13 y 16 años. Los sujetos de 13 años fueron diferentes en comparación con los de 12, 14, 15 y 16. El grupo de 14 fue diferente al de 13 años. El grupo de 15 se diferenció al de 13 años. El grupo de 16 años fue diferente a los grupos de 12 y 13 años. Correlación muy buena  $r=0,89$  entre potencia promedio y la potencia máxima. Estas fueron las únicas variables de la prueba de Wingate que se asociaron.

Con relación al entrenamiento de alta intensidad el valor de la frecuencia cardíaca junto a una escala de percepción del esfuerzo puede utilizarse como medida práctica de seguimiento de la fatiga asociada a éste.

En los cuadros 19 y 20 se presentan los valores de la frecuencia cardíaca estimada para la edad de los sujetos y la frecuencia cardíaca real obtenida en la prueba de carga progresiva en el laboratorio.

La velocidad máxima y el tiempo final al detener la prueba se encontró correlación buena  $r=0,69$ . El 65,61 % es explicado por el IMC, Frecuencia cardíaca real y la velocidad máxima alcanzada.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Frecuencia	12	13	207,38	207,08	207,69
Cardíaca	13	12	206,25	205,7	206,8
Máxima	14	17	205,53	205,26	205,79
Teórica	15	25	204,48	204,27	204,69
	16	22	203,64	203,42	203,85
Frecuencia	12	13	195,15	191,45	198,85
Cardíaca	13	12	195,92	188,50	203,33
Máxima	14	17	198,00	193,74	202,26
Real	15	36	180,99	168,73	193,24
	16	22	195,59	191,75	199,43

Cuadro 19. Valores en media y desviación estándar de la frecuencia cardíaca teórica y real.

		Sig.
Frecuencia Cardíaca	Inter-grupos	0,000
Máxima Teórica (lpm)	Intra-grupos	
Frecuencia Cardíaca	Inter-grupos	0,045
Máxima Real (lpm)	Intra-grupos	

Cuadro 19. Valores de significancia de los valores de la frecuencia cardíaca.

Los valores de la frecuencia cardíaca real no fueron diferentes significativamente entre los grupos. Correlación moderada  $r=0,59$  ( $p<0,05$ ) consumo máximo de  $O_2$  de la prueba laboratorio y frecuencia cardíaca real.

La comparación entre el nivel de intensidad valorada con la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno alcanzado durante un juego y los datos obtenidos en prueba en terreno y laboratorio señalan que el rendimiento es 70% del valor máximo de la frecuencia y de 51,6% del consumo pico. La correlación fue muy buena  $r=0,98$  entre velocidad final y consumo de oxígeno de la prueba course navette.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Velocidad alcanzada (km/h)	12	28	10,91	10,6	11,22
	13	23	11,04	10,64	11,44
	14	18	10,97	10,44	11,5
	15	25	11,6	11,19	12,01
	16	50	11,69	11,35	12,03
Consumo máximo de $O_2$ estimado (ml.kg.min)	12	27	46,29	44,45	48,14
	13	23	46,00	43,98	48,02
	14	17	43,44	40,29	46,58
	15	25	45,62	43,22	48,01
	16	50	45,05	43,08	47,02

Cuadro 20. Valores en media y desviación estándar de la velocidad alcanzada y consumo de oxígeno estimado en la prueba de course navette.

		Sig.
Velocidad alcanzada	Inter-grupos	,004
	Intra-grupos	
Consumo máximo de O <sub>2</sub> estimado	Inter-grupos	0,573
	Intra-grupos	

Cuadro 21. Valores de significancia de la prueba Course Navette.

La velocidad alcanzada al momento de detener la prueba fue significativamente diferente entre los grupos ( $p < 0,05$ ). Solo los grupos de 12 y 14 años registraron valores inferiores a 1 kilómetro/hora. El resultado de la prueba fue registrado como "palier" de un minuto de duración, por lo tanto la velocidad del paso se obtiene con relación al tiempo total de la prueba.

Edad	Velocidad $k \cdot h^{-1}$	Vaeyens y cols (2006)*			
		Under	Elite	Subelite	No elite
12	10,91	13	12	12	11,5
13	11,04	14	13	13	12
14	10,97	15	13,5	13	12,5
15	11,60	16	14	13	13
16	11,69				

Nota del autor: \*Datos registrados como palier y convertidos a distancia para una mejor comprensión en la comparación de ambos estudios.

Cuadro 22. Registros de la velocidad alcanzada en la course navette por los grupos según la edad.

Las velocidades registradas por los grupos fueron significativamente diferentes, sin embargo son inferiores a los reportados por Vaeyens y cols (2006). Estos hallazgos pueden ser el resultado del bajo contenido de medios en las sesiones de entrenamiento relacionados con la resistencia aeróbica.

Los resultados obtenidos del test de carga incremental están representados por la velocidad de carrera al detener la prueba, el tiempo de duración de la

prueba y el valor del consumo máximo de oxígeno. Los cuadros 24 y 25 muestran los valores descriptivos y de significancia obtenidos por los grupos.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Velocidad máxima aeróbica (mph)	12	13	8,37	7,87	8,87
	13	12	9,10	8,69	9,51
	14	15	9,72	9,38	10,06
	15	23	9,71	9,50	9,91
	16	19	9,94	9,80	10,08
Tiempo de la prueba (min)	12	13	10,54	9,53	11,54
	13	12	12,08	11,17	13,00
	14	15	13,73	12,81	14,66
	15	23	13,70	13,01	14,38
	16	19	14,42	13,79	15,05
Consumo máximo de O <sub>2</sub> (ml.kg.min)	12	11	58,67	55,38	61,97
	13	12	56,60	51,46	61,74
	14	17	56,34	52,85	59,84
	15	24	55,43	52,88	57,97
	16	22	56,80	54,74	58,85

Cuadro 23. Valores en medias y desviación estándar del test incremental en laboratorio.

		Sig.
Velocidad máxima aeróbica (mph)	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Tiempo de la prueba (min)	Inter-grupos	0,000
	Intra-grupos	
Consumo máximo de O <sub>2</sub> (ml/kg/min)	Inter-grupos	0,696
	Intra-grupos	

Cuadro 24. Valores de significancia del test incremental.

El cálculo de la diferencia entre los grupos muestra que la velocidad final alcanzada en la banda sin fin, por el grupo de 12 años, fue diferente significativamente al resto de los sujetos evaluados presentando el valor más bajo de todos.

En lo que respecta al grupo de trece años no mostró diferencia significativa con el grupo de 14. Los sujetos que conformaron el grupo de 15 y 16 años registraron valores superiores a los de 12 y 13 años siendo una diferencia significativa. La correlación entre vello púbico y tiempo final al detener la prueba fue negativa moderada  $r=-0,41$  ( $p<0,05$ ). Se reportó moderada correlación  $r=0,44$  ( $p<0,05$ ) entre frecuencia cardíaca real y  $VO_2$  máximo. Moderada correlación  $r=0,54$  ( $p<0,05$ ) tiempo de la prueba y la edad decimal.

El tiempo de duración en la prueba se definió como aquel momento en la ejecución de la misma en él que el evaluado solicita detenerla, se describe a los sujetos de 12 años con diferencias significativas comparados con los grupos 14, 15 y 16 años. Los evaluados del grupo de 13 años solo presentaron diferencias con los de 15 y 16 años. El grupo de 14 años fue diferente al de 12 años. Los sujetos de 15 y 16 años registraron valores diferentes con los de 12 y 13 años.

En el cuadro 25 se observa que los sujetos evaluados clasifican en la etapa 2 de maduración a partir de los 12 años y alcanzan hacia los 16 años el estadio 4, el cuadro 27 muestra la diferencia significativa de los grupos. En comparación con los mostrados por Sun y cols (2002) su inicio es tardío y se mantienen por debajo de éstos.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
	12	16	2,44	1,76	3,11
Vello	13	12	3,83	3,3	4,36
Púbico	14	14	4,64	4,28	5,01
Tanner	15	30	4,13	3,84	4,42
	16	35	4,2	3,93	4,47

Cuadro 25. Valores en media y desviación estándar del valor del vello púbico.

		Sig.
	Inter-grupos	0,000
Vello Púbico Tanner	Intra-grupos	

Cuadro 26. Valores de significancia del vello púbico.

El grupo etario que se mostró diferente significativamente al resto de los sujetos evaluados correspondió al de los 12 años. Hubo correlación moderada y negativa  $r=-0,51$  ( $p<0,05$ ) entre velocidad final alcanzada en course navette y vello púbico. Correlación moderada y negativa  $r=-0,53$  ( $p<0,05$ ) entre consumo de oxígeno estimado en course navette y vello púbico.

Futbolistas en formación		Etapa	Edad de inicio en la etapa en chicos					
Edad	Vello púbico	Vello púbico	Blancos No Hispano	FL	Negros no Hispano	FL	Mexicanos	FL
12	2,44	PH2	11,98†	11,69– 12,29	11,16†	10,89– 11,43	12,30†	12,06– 12,56
13	3,83	PH3	12,65	12,37– 12,95	12,51†	12,26– 12,77	13,06†	12,79– 13,36
14	4,64	PH4	13,56	13,27– 13,86	13,73	13,49– 13,99	14,08	13,83– 14,32
15	4,13	PH5	15,67	15,30– 16,05	15,32	14,99– 15,67	15,75	15,46– 16,03
16	4,20							

FL limites.  
 \* Limites calculados al I 98.3% para ajustar las comparaciones multiples entre razas al 0.05.  
 † diferencias significativas P .05.  
 Cuadro elaborado con datos tomados de Sun SS, Schubert CM, Chumlea WC, Roche AF, Kulin HE, Lee PA, Himes JH, Ryan AS. (2002). National estimates of the timing of sexual maturation and racial differences among US children. Pediatrics 110(5):911-9.

Cuadro 27. Valores obtenidos por evaluación del vello púbico de los futbolistas en formación y comparados con sujetos de Sun y cols (2002).

Edad decimal, la fuerza isométrica de manos derecha e izquierda, frecuencia cardiaca real y grupo etario, mejor tiempo del esprint y vello púbico, VO<sub>2</sub> max explican el 76, 46% de los resultados.

El mejor intento de la prueba seat and reach se reportó mayor alcance para el grupo de 12 años y fue diferente significativamente con los de 14, 15 y 16, ver

cuadros 29 y 30. Los grupos de 13, 14, 15 y 16 mostraron los valores menores siendo los sujetos de 13 años los menos flexibles.

	Edad	N	Media	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Mejor intento (cm)	12	26	14,23	9,52	18,95
	13	17	6,82	5,04	8,6
	14	20	7,75	5,14	10,36
	15	20	8,48	5,99	10,97
	16	35	8,68	7,23	10,13

Cuadro 28. Valores en media y desviación estándar mejor intento en la prueba sit and reach.

		Sig.
Mejor Intento (cm)	Inter-grupos	0,003
	Intra-grupos	

Cuadro 29. Valores de significancia de la prueba sit and reach.

Hubo baja correlación  $r=0,39$  ( $p<0,05$ ) entre mejor intento de la prueba sit and reach y frecuencia cardiaca real.

Edad	Centímetros	Vaeyens y cols (2006)			
		Under	Elite	Subelite	No elite
12	14,23	Under 13	19,0	18,8	18,1
13	6,82	Under 14	20,9	17,6	18,0
14	7,75	Under 15	22,5	17,1	16,5
15	8,48	Under 16	23,2	20,6	14,4
16	8,68				

Cuadro 30. Registros de los grupos por edad obtenidos en la prueba sit and reach.

## **DISCUSIÓN**

## 6. DISCUSIÓN

Las evaluaciones antropométricas y de la aptitud física en jugadores de categoría juvenil, 14, 15 y 16 años de edad son determinantes para su ascenso a nivel superior, le y cols (2010). Las características antropométricas describen el físico del jugador, al respecto Gil y cols (2007) afirman que entre los 14 y 17 años los parámetros asociados a la madurez física, como la edad cronológica, estatura, velocidad y el consumo máximo de oxígeno son importantes para el éxito del futbolista y edades mayores son otros factores como la agilidad los determinantes del rendimiento.

Por otro lado, Feliú y cols (1991) señalan que las características antropométricas y los resultados de las pruebas físicas y funcionales están relacionadas con la pubertad, tienen un importante nivel de predicción de la capacidad física.

Al estudiar la relación con los signos de maduración Veldre y Jürimäe (2004) indican que existen diferencias significativas en los parámetros antropométricos en función de la edad cronológica y maduración biológica. Duke y cols (1980) concuerdan en que los adolescentes pueden valorar con precisión su grado de desarrollo propio de acuerdo a las fotografías estándar de Tanner.

Tanto la estatura como la masa corporal son el reflejo de la maduración física y contribuye como factores principales en el aumento rendimiento del motor, mejora con la edad, y su efecto puede ser diferente entre niños y niñas Bale y cols (1992).

Malina y cols (2004) han encontrado que la que la madurez biológica influye en el desempeño físico de niños, al comparar los resultados de pruebas físicas de grupos entre 13 y 15 años. Las diferencias mostradas estuvieron relacionadas con la estatura y la masa corporal en los niños no así en niñas. Afirman que estas variables son las responsables de la variación en el rendimiento físico durante el proceso de maduración, siendo más influyentes en los niños. Esto implica que

para la evaluación de los componentes de la aptitud física, en estas edades, la maduración es el factor importante a considerar.

Los factores genéticos y ambientales influyen en la maduración por lo tanto es pertinente que los grupos étnicos configuren su propio sistema de normas de evaluación, Papadimitriou y cols (2000). Estos autores describen el primer signo de pubertad como ampliación genital (G2), que se produjo a una edad promedio de 11,0 (+/- 1,3) años, seguida del desarrollo del vello púbico (PH2) a 11,5 (+/-1,5) años.

Para Figueiredo y cols (2009) los grupos de 13 y14 años de edad son más altos y más pesados que sus pares menores y al contrastar el estado de madurez entre si no encontraron diferencias con excepción de algunos registros en las capacidades funcionales y las habilidades específicas del fútbol. Afirman que la variación en la estatura está asociada al nivel de madurez y es similar a la mostrada por la población juvenil general.

Los cambios que se producen en el niño por el inicio de la madurez representan ventajas en el deporte. Es durante la adolescencia que el aumento de la masa muscular y de la fuerza se hace más notable, la presencia de enzimas musculares responsables del metabolismo anaeróbico es mayor al pasar de la adolescencia a la etapa adulta, Armstrong y McManus (2011).

En ese sentido Malina y cols (2000) encontraron diferencias en la maduración entre grupo de futbolistas de 11 a 16 años y afirman que para el fútbol se excluye a los niños de maduración tardía a favor de los maduradores promedios con el fin de acelerar la especialización.

Semiz y cols (2008) encontraron en niños turcos que las características del vello púbico atendiendo las edades siguientes se manifiesta como sigue:

Edad en años	Etapas
9,39 +/- 1,81	PH1
1,02 +/- 1,33	PH2

13,05 +/- 0,88	PH3
13,42 +/- 0,87	PH4
14,02 +/- 0,92	PH5

Se observa similitud en cuanto a la edad en la que se manifiesta el estadio II de vello púbico con los futbolistas evaluados, sin embargo los sujetos de Semiz y cols (ob cit) alcanzan el estadio V hacia los 14 años lo que representa un año de adelanto en la maduración sexual.

En niños alemanes, empleando la metodología de auto evaluación de caracteres sexuales de Tanner, Kahl y cols (2007) encontraron que las características según las edades:

Edad años	Etapas
10,9	PH2
12,6	PH3
13,4	PH4
14,1	PH5

Este estudio muestra que la etapa II se inicia a una edad más temprana y se muestra similar que la observada en los niños turcos.

El interés por estudio de la aparición de la pubertad y la relación con factores ambientales fue el punto de partida para que un equipo de expertos evaluara la tendencia secular y los factores ambientales al momento de la pubertad. En este sentido Euling y cols (2008) señalan que en opinión de los expertos de 1940 a 1994 en las niñas la tendencia está orientada a una maduración más temprana, pero que no se dispone de suficientes datos en el caso de los varones para sugerir la misma tendencia. En 2006 Himes expresaba la misma inquietud.

Considerando la actividad física como un factor ambiental que afecta el crecimiento, Georgopoulos y cols (2010) sostienen que el entrenamiento físico excesivo puede afectarlo. En gimnastas rítmicas la predisposición genética para el crecimiento se mantuvo debido a un fenómeno catchup o crecimiento tardío. La razón está en la prolongación de la etapa prepuberal, por tanto el desarrollo pubertal se logra a una edad tardía posterior a la maduración ósea en lugar de la edad cronológica.

Al respecto del crecimiento puberal, Roemmich y cols (2001) afirman que está influenciado por potencial genético, el estado nutricional y hormonal. De la misma manera, el gasto energético puede modificar los efectos de estos tres factores en el crecimiento lineal y las proporciones relativas de masa libre de grasa y la grasa. La participación en deportes en los que no es necesario el control del peso corporal no afecta el tiempo de la pubertad o modifica la tasa de crecimiento lineal.

No obstante, para Gurd y Klentrou (2003) la existencia de un mayor gasto energético en los jóvenes atletas de sexo masculino acompañado de entrenamiento intenso, no afecta su composición corporal sin efecto determinado para su desarrollo físico puberal.

En 1995 Baxter-Jones y cols plantearon si las diferencias del desarrollo físico observadas en los atletas adultos surgen del entrenamiento o si el deportista seleccionado contaba con las características apropiadas. Después de observar futbolistas, gimnastas y nadadores con edades entre los 8 y 19 años y comparar aquellos que se iniciaron antes de la pubertad presentaron maduración tardía, el caso de los gimnastas y los nadadores mostraron maduración temprana, sugiriendo selección específica para el deporte. Concluyeron que el entrenamiento no afectó al crecimiento y desarrollo, por tanto el éxito en el deporte se relaciona con los rasgos heredados.

Los estadios de Tanner han funcionado como indicador para establecer los niveles de maduración en poblaciones infantiles y adolescentes, permitiendo establecer la edad óptima, Ghaly y cols (2008). La autoevaluación es un procedimiento que resulta confiable para estimar el estado de maduración sexual, Chan y cols (2008).

Vaeyens y cols (2006) reportaron valores muy superiores en la misma prueba aplicada a un grupo de futbolistas de diferentes niveles. McIntyre y Hall (2005) reportaron diferencias significativas en los jugadores de acuerdo a la posición de juego.

La relación entre la fuerza muscular, crecimiento, nivel maduración y la concentración de testosterona en niños, ha demostrado la importancia de esta hormona para los incrementos de la fuerza, Hansen y cols (1999). La valoración de la fuerza muscular se ha realizado con empleo de diferentes métodos y elementos tecnológicos capaces de medir desde la fuerza excéntrica máxima hasta la concéntrica rápida o explosiva. Los dinamómetros isométricos permiten la evaluación en grupos numerosos. Los test con pesos libre son muy utilizados en la evaluación de deportistas a través de ejecuciones sencillas como la sentadilla y press de banca. Con las alfombra de contacto se obtiene información de la fuerza explosiva, con y sin ayuda de los brazos.

Nedeljkovic y cols (2007) basados en pruebas estándar de fuerza muscular de la pierna, saltos, abdominales, manos y agilidad reportaron un incremento más acusado del rendimiento, con un aumento en la estatura corporal para la edad púber que para el pre-y el pos puberal. La agilidad estuvo relacionada con la fuerza, potencia, técnica, las técnicas de exploración visual, visual-velocidad y la anticipación, Sheppard y Young (2006) y forma parte en la determinación del perfil físico de jugadores de categoría nacional, su valoración hasta fuera de la temporada permite realizar los ajustes en el programa de entrenamiento, Miller y cols (2001).

En sentido opuesto, Young y cols (2006) señalan que la correlación entre la potencia concéntrica y la velocidad de esprint en línea recta no es significativa, mientras que las relaciones entre la fuerza reactiva y la velocidad de recta fueron estadísticamente significativas. La asociación entre la fuerza muscular y la velocidad al cambiar de dirección en términos generales son bajas y no significativas para la potencia de las piernas y la fuerza reactiva. Las relaciones entre la potencia muscular de miembros inferiores con el cambio de velocidad y dirección no es consistentes. La fuerza reactiva medida mediante el salto con caída tiene importancia para el cambio lateral de velocidad y dirección, por la posible similitud en las acciones de empuje.

Respecto al rendimiento de la zona abdominal Monfort (2009) sugiere la necesidad de realizar investigaciones a favor de aclarar las dudas metodológicas encontradas. Al estudiar la posición de la pelvis en la optimización de la activación de los músculos abdominales Workman (2008) reporta disminución en la activación de los flexores de la cadera durante la ejecución del test Janda y no encontró diferencia en la actividad mioeléctrica en los músculos estabilizadores del abdomen bajo.

La determinación de la fuerza muscular mediante una repetición máxima conlleva a la predicción de los cambios en la fuerza cuando se emplea valores equivalentes  $> 85\%$  de 1RM y  $< 5$  repeticiones, Brechue y Mayhew (2009). Así mismo la disminución del error asociado a la predicción disminuye cuando se relaciona los valores de 1RM con parámetros antropométricos como la circunferencia del brazo y la longitud del brazo, Hetzler y cols (2010).

Los resultados obtenidos mediante la prueba de fuerza isométrica de la mano muestran diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la edad, lo que confirma una clara influencia de la maduración entre los sujetos. Beenakker y cols (2001) pronóstico de la fuerza muscular máxima en niños se logra por el

peso corporal y hacia los 14 años de edad los niños tienden a ser mucho más fuerte para casi todos los grupos musculares evaluados. Neu y cols (2002) encontraron que aquellos sujetos clasificados en el nivel 5 de maduración aumentaban considerablemente la fuerza con la edad.

La dinamometría se utiliza para caracterizar la fuerza de las extremidades superiores e inferiores y la fuerza del tronco, Bohannon RW. (2009). Bohannon (2008) encuentra que en la evaluación de la fuerza de una extremidad se justifica usar una o varias medidas obtenidas para caracterizarla, pero esta fuerza no está relacionada con la fuerza general. Angst y cols (2010) han encontrado que factores como el peso corporal proporciona una alta predicción respecto a los valores de la fuerza de aprehensión. Por su parte, Rauch y cols (2002) encuentran en la fuerza isométrica manual un método sencillo para evaluar el desarrollo muscular durante la infancia y la adolescencia.

Los resultados obtenidos por De Smet y Vercammen (2001) en niños han generado correlación entre la edad y fuerza de agarre, se mantiene paralelo el desempeño en la prueba junto a las niñas hasta los 12 años sin diferencias entre los valores de ambas manos. El logro de la máxima precisión en la evaluación de la fuerza y la edad se logra con el empleo combinado de diagramas de crecimiento, Molenaar (2010), según el sexo se ubica por percentil, Newman y cols (1984). En un estudio del músculo realizado sobre la morfología del músculo desde la infancia hasta la edad adulta, Lexell y cols (1992) encontraron que el aumento de la sección transversal en la fibra muscular media se produce desde la niñez hasta alcanzar el estado adulto y este aumento es concomitante al desarrollo funcional de la fibra.

La fuerza muscular isométrica e isocinética valorada en futbolistas semiprofesionales en una cadena cinética abierta no corresponde a movimiento específico suficiente para predecir el rendimiento durante un movimiento más complejo como los saltos o sprint. Las ejecuciones concéntricas como la media

sentadilla se relacionan principalmente con la altura de salto vertical y el tiempo de sprint de 15 metros, Requena y cols (2009). La varianza en los resultados de la fuerza muscular isocinética, isométrica e isotónica, de pruebas de resistencia, se asocia a un fenómeno similar que podría denominarse fuerza voluntaria máxima, Knapik y cols (1983).

De acuerdo con Chamari y cols (2004) la fuerza empleada en el salto y la velocidad podría explicar el 46% del rendimiento y correlaciona además con test de Bangsbo y la prueba de 30 metros. Para Wisløff y cols (2004) un alto nivel de fuerza es esencial para jugar al fútbol de élite, por tanto el entrenamiento debe centrarse en fuerza máxima y movimientos concéntricos para mejorar el rendimiento en el sprint y el salto.

La potencia derivada del salto genera valores diferentes a los obtenidos en pruebas como Wingate y Margaria por el aprovechamiento de la energía elástica que acumula el músculo para su ejecución, Bosco y cols (1983). Los resultados de la potencia muscular derivada del empleo de ecuaciones como la propuesta por Sayers y cols (1999) tiene la ventaja de evaluar la potencia muscular sin considerar el factor género.

La ejecución motriz para realizar el cabeceo durante el juego involucra movimientos libres de la cabeza y de los brazos, siendo la contribución de las piernas el factor más importante de esta habilidad, por ello Kristensen y cols (2004) recomiendan el desarrollo de la fuerza muscular del abdomen, espalda y cintura pélvica, sin imponer restricciones al movimiento de la cabeza y brazos para optimizar el cabeceo al saltar.

La capacidad del jugador para repetir esfuerzos de alta intensidad de corta duración y en periodos breves de repetición es lo que se define como capacidad de repetir esprint, Bishop y cols (2001). Los resultados obtenidos entre los grupos de edad demuestra la diferencia relacionada con la madurez de los

futbolistas, le y cols (2010). Para Wragg y cols (2000) el test de resistencia al esprint ha demostrado una alta fiabilidad. La selección de pruebas de características anaeróbicas debe responder al criterio de lo específico que realiza el jugador, Meckel y cols (2009); debe permitir discriminar entre jugadores de rendimiento alto y bajo, siendo confiable la evaluación cuando los resultados son expresados en tiempo total de carrera, Gabbett (2010).

Los resultados registrados por Mujika y cols (2009) sugieren que el rendimiento en la prueba resistencia al esprint mejora durante la maduración de los futbolistas jóvenes altamente capacitados, aunque se produce una meseta hacia los 15 años de edad. El rendimiento óptimo en el esprint parece estar relacionado con la mayor aceleración inicial y el mantenimiento de la mayor velocidad alcanzada, relativa a la masa corporal y la potencia teniendo un impacto inicial en la aceleración y la velocidad, Brechue y cols (2010). Chelly y cols (2010) afirman que la capacidad de sprint se correlaciona con medidas de fuerza y potencia como la prueba de fuerza-velocidad, squat jump, y una repetición máxima en media sentadilla, por lo tanto ofrecen orientación útil para entrenadores de fútbol que deseen mejorar la velocidad en distancias cortas.

La evaluación anaeróbica incluye pruebas de velocidad-fuerza, salto vertical, con uso de ergómetros de escalera y bicicleta. Aunque la potencia anaeróbica máxima obtenida con estos protocolos es diferentes en generales en términos ofrecen óptima correlación, Vandewalle (1987). El test de Wingate es utilizado en la evaluación del rendimiento anaeróbico en cicloergómetro, sin embargo el conocimiento del perfil metabólico del mismo es limitado, Beneke y cols (2000). Se considera que el tiempo óptimo de la prueba para evaluar el trabajo anaeróbico es 30 segundos, Green (1995).

Los resultados del estudio de Sands y cols (2004) indican que los test de Bosco y Wingate miden diferentes aspectos de la potencia y la capacidad anaeróbica. El test de Bosco puede ser inadecuado para los atletas que no están

bien entrenados en el salto. En términos de la resistencia aeróbica en futbolistas, Helgerud y cols (2001) afirman la mejora del rendimiento se observa por el aumento de la distancia recorrida, la mejora de la intensidad del trabajo, y aumentar el número de sprints y compromisos con el balón durante un partido. Se puede establecer la diferencia en el nivel del jugador elite del menos avanzado siempre que las evaluaciones fisiológicas consideren los componentes energéticos aeróbico y anaeróbico, Siegler y cols (2006).

La utilidad de la frecuencia cardíaca durante la realización de pruebas de esfuerzos para la estimación de la intensidad ha sido empleada con métodos similares y han generado buena correlación ( $r=0,72$ ) con el valor pronosticado de la frecuencia cardíaca máxima, Camarda y cols (2008). Los valores de este parámetro en futbolistas similares ha mostrado correlación ( $r = -0,52$ ,  $P = 0,002$ ) con la velocidad aeróbica como lo afirman Buchheit y cols (2010). La edad de las personas es el factor que causa variabilidad en los resultados obtenidos en población adulta. Silva y cols (2007) reconocen la importancia en la utilidad para la prescripción de la intensidad del esfuerzo a realizar por su relación inversa con la edad debido a la disminución del efecto cronotrópico a partir de los 60 años de edad.

El ejercicio aeróbico intermitente puede ser prescrito y controlado en grandes a partir de la frecuencia cardíaca atendiendo los grandes errores que se presentan a nivel individual, Castagna y cols (2007). En futbolistas de categoría sub 17 Guner y cols (2006) no encontraron diferencias significativas entre los defensores, mediocampistas y delanteros en términos de las velocidades de carrera y frecuencias cardíacas de acuerdo con determinadas concentraciones de lactato. En definitiva su rendimiento aeróbico fue similar y los valores de la frecuencia cardíaca disminuyeron con la edad y el entrenamiento.

En 1996 Billat y Koralsztein definieron la velocidad mínima como aquella que provoca un consumo de oxígeno máximo, se le denominó velocidad crítica y

es utilizada para medir la capacidad aeróbica máxima, es considerada útil porque combina el máximo consumo de oxígeno y la economía en un único factor para identificar diferencias entre varias categorías de corredores. Billat y cols (2000) al caracterizar la relación entre la velocidad de carrera y tiempo empleado para lograr el máximo consumo de oxígeno señalan que depende del equilibrio entre el tiempo para lograr el máximo consumo de oxígeno y del tiempo para llegar al agotamiento.

La variabilidad en el tiempo de agotamiento relacionado a la velocidad final registrado fue razonada por Blondel y cols (2001) cuando señalan que la contribución de la energía aeróbica en cuanto a la intensidad relativa no es similar a la intensidad absoluta en todos los individuos. Esto como resultado de la alta relación entre las diferentes expresiones como la velocidad máxima ( $v_{max}$ ) y velocidad crítica ( $C_v$ ) con el tiempo para el agotamiento reflejan un  $r =$  de 0,82 y 0,75 ( $< P_{0,01}$  ambas diferencias porcentuales) y con la diferencia porcentual de la velocidad a la que se logra el consumo de oxígeno ( $VO_2max$ ) y la velocidad crítica ( $C_v$ ) es  $r = -0,83$ , y  $r = -0,94$ , ( $p < 0,001$  ambas diferencias).

Por tanto, al expresar la intensidad como diferencias porcentuales de la  $V_{max}$  y  $C_v$  para velocidades sub maximales y máximas, así como la diferencia entre  $vVO_2max$  y  $C_v$  para velocidades máximas se establece las diferencias individuales del rendimiento anaeróbico y se puede predecir con exactitud tomando en cuenta el tiempo para el agotamiento.

Tanto la velocidad a la que se logra el máximo consumo de oxígeno como el tiempo de agotamiento son útiles para programar el entrenamiento de intervalo. Sin embargo, emplear solo una fracción fija e individualizada del tiempo para el agotamiento no garantiza un tiempo mayor a un alto porcentaje del consumo máximo en comparación con una duración fija de trabajo-descanso, Millet y cols (2003).

Para Bundle y cols (2003) la velocidad de carrera medida en banda sin fin y en superficie plana resulta útil para predicciones exactas del rendimiento en sujetos entrenados y es alternativa de evaluación de resultados en pruebas de la potencia anaeróbica y la capacidad. Los valores de referencia del consumo de oxígeno en  $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  se encuentran entre 53,4 a 68,0 con velocidades de 4,9 hasta 5,7 m/s. En comparación con los futbolistas evaluados representa una gran diferencia en el rendimiento aeróbico.

En futbolistas de 14 años de maduración temprana y tardía, en los que se evaluó componentes antropométricos y fisiológicos no se encontró diferencias significativas en la economía de la carrera, Segers y cols (2008) establecen la importancia del estilo en la economía de carrera. Mohamed y cols (2009) sugieren que la estatura, la velocidad de carrera, y la agilidad son los parámetros importantes para la identificación de talentos.

Al realizar la prueba con aumentos progresivos de la carga en cinta sin fin se emplea la inclinación de la misma para aumentar la exigencia en los sujetos. Estos incrementos en la inclinación pueden determinar la diferencia en el rendimiento aeróbico y anaeróbico de la prueba reflejada en el déficit de oxígeno acumulado. Olesen (1992) comprobó que el mayor déficit de oxígeno acumulado en los sujetos entrenados anaeróbicamente fue al 15% de inclinación, pero no durante el 1%, mientras corre cuesta arriba. En este sentido todos los sujetos evaluados finalizaron la prueba con inclinación por debajo del 12,5%.

El empleo de pruebas de campo específico y laboratorio no específico han permitido cuantificar y comparar la respuesta metabólica y cardiorespiratoria en diferentes deportistas. Girard y cols (2006) evaluaron un grupo de tenistas adolescentes que realizaron ambos protocolos y reportaron el consumo de oxígeno en  $\text{ml/kg/min}$ :

Futbolista venezolanos		Tenistas*	
Test de campo	Test de laboratorio	Test de campo	Test de laboratorio
45,05	56,80	63,8	58,9

\*Girard O, Chevalier R, Leveque F, Micallef JP, Millet GP. (2006).

La diferencia en los valores del test de campo puede deberse a lo específico que resultó la prueba para los tenistas. En cuanto al valor del consumo de oxígeno cuantificado en el laboratorio se observa que la diferencia es mínima entre ambos grupos considerando que los protocolos empleados guardan similitud respecto a la aplicación de las cargas y los equipos empleados.

Los autores concluyen que la determinación de la potencia aeróbica máxima en jugadores de competición es más precisa en las condiciones específicas del deporte. No se encontró diferencias en el consumo de oxígeno estimado en la prueba course navette y en la prueba de laboratorio, esto puede relacionarse con las diferencias individuales en términos de la eficiencia en la carrera, masa corporal y el crecimiento, Rowland (1990).

Kachouri y cols (1996) definen el tiempo de agotamiento al 100% en la prueba aeróbica de Monteval (tlim100) como una estimación del tiempo que corresponde a la velocidad aeróbica máxima. Al mantenerse la velocidad constante hasta el agotamiento la relación entre el tiempo de agotamiento (Tlim) y la distancia (Dlim) puede ser descrito por una relación lineal.

El consumo de oxígeno es la medida de potencial del rendimiento atlético, Wagner (1996). Al relacionar el consumo máximo de oxígeno en jugadores de fútbol y hockey con el tiempo total obtenidos de esprint de 8x40 se encontró una correlación moderada (-0,36 y -0,323,  $p < 0,05$ ). Esto posibilita que un nivel aeróbico alto mejore otros aspectos del juego para ambas disciplinas, Aziz y cols (2000).

Kemi y cols (2003). Encontraron resultados similares en el consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca máxima entre dos pruebas de campo y laboratorio, afirman que son producto del empleo de pruebas para evaluar la resistencia específica en el futbolista.

Aunque la prueba sit and reach se puede considerar apropiada y válida para evaluar la flexibilidad lumbar en este grupo de edad, Chillón y cols (2010), sin embargo Feldman y cols (1999) consideran que el crecimiento no está relacionado con la flexibilidad durante la adolescencia.

Los resultados de Kanbur y cols (2005) sugieren que durante la pubertad no sería conveniente la evaluación de la flexibilidad y afirman que la maduración sexual no es una causa de la disminución de la flexibilidad en los adolescentes varones de 14 años. La incorporación de medios en el entrenamiento que mejoren la flexibilidad está relacionado con efectos beneficiosos y disminución de lesiones, Leatt y cols; Hilyer y cols (1990), para Mikkelsson y cols (2006) un nivel óptimo de flexibilidad y fuerza muscular reduce las posibilidades de lesión en niños, por su parte Rahnama y cols (2005) afirman que la escasa flexibilidad produce un desequilibrio muscular y es considerado factor de riesgo para el futbolista.

## **CONCLUSIÓN**

## 7. CONCLUSIÓN

El grupo de futbolistas evaluados mostró diferencias significativas en las características antropométricas, en los niveles de maduración y se expresó esa diferencia principalmente en la fuerza muscular y en consecuencia en todas las ejecuciones en las que fue una cualidad determinante, exceptuando los resultados del test de Wingate que no presentó relación con otra variable.

La velocidad de carrera en la prueba de carga incremental marcó las diferencias entre los grupos junto a los valores de la frecuencia cardíaca máxima teórica, este hallazgo permite afirmar que las diferencias individuales fueron determinantes en mayor grado que el nivel de maduración.

El grupo de 12 años fue único en reportar diferencias significativas en la flexibilidad estática con el resto de los jugadores de mayor edad. Su nivel de maduración los ubicó en el estadio 2, lo que indica que mantienen características físicas infantiles como mayor laxitud de las estructuras anatómicas comprometidas en la ejecución de la prueba sit and reach.

En términos generales los resultados obtenidos de los diferentes grupos evaluados los presenta con un nivel físico ligeramente inferior a otras poblaciones evaluadas de similar características respecto de la actividad física deportiva, pueden ser atribuibles entre otros factores al programa de formación deportiva que integran, el nivel de entrenamiento y experiencia en el deporte sistematizado.

Las diferencias estadísticas encontradas en los resultados de las pruebas indican que la maduración biológica es un factor influyente en el rendimiento físico de futbolistas en formación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Ahmad F, Kavey RE, Kveselis DA, Gaum WE, Smith FC. (2001). Responses of non-obese white children to treadmill exercise. *J Pediatr.* 139(2):284-90.

Alegre LM, Lara AJ, Elvira JL, Aguado X. (2009). Muscle morphology and jump performance: gender and intermuscular variability. *J Sports Med Phys Fitness;* 49(3):320-6.

Alkurdi ZD, Dweiri YM. (2010). A biomechanical assessment of isometric handgrip force and fatigue at different anatomical positions. *J Appl Biomech.* 2010 May;26(2):123-33.

Andersen LB. (1994). Changes in physical activity are reflected in changes in fitness during late adolescence. A 2-year follow-up study. *J Sports Med Phys Fitness.* 34(4):390-7.

Andersson EA, Nilsson J, Ma Z, Thorstensson A. (1997). Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 75(2):115-23.

Angst F, Drerup S, Werle S, Herren DB, Simmen BR, Goldhahn J. (2010). Prediction of grip and key pinch strength in 978 healthy subjects. *BMC Musculoskelet Disord.* 19;11:94.

Armstrong N, Welsman JR. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev.* 22:435-76.

Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. (1995). Aerobic fitness of prepubescent children. *Ann Hum Biol.* 22(5):427-41.

Armstrong N, Welsman J, Winsley R. (1996). Is peak VO<sub>2</sub> a maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sports Med.* 17(5):356-9.

Armstrong, N, Welsman, J.R. Kirby, B.J. (1997). Performance on the Wingate Anaerobic Test and *maturación*. *Pediatric Exercise Science.* Vol. 9 Issue 3.P.253-261 9p.

Armstrong N, Welsman JR, Kirby BJ. (1998). Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr olds. *Med Sci Sports Exerc.* 30 (1):165-9.

Armstrong N, Welsman JR, Kirby BJ. (1999). Submaximal exercise and maturation in 12-year-olds. *J Sci Sports.* 17 (2):107-14

Armstrong N, Welsman JR, Chia MY.(2001). Short term power output in relation to growth and maturation.*Br J Sports Med.* 35(2):118-24.

Armstrong N, McManus AM. (2011). Physiology of elite young male athletes. *Med Sport Sci.*56:1-22.

Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* (2):278-85.

Asmussen E, Heeb0oll-Nielsen K. (1955). A dimensional analysis of physical performance and growth in boys. *J Appl Physiol.* 7(6):593-603.

Azevedo JC, Brasil LM, Macedo TB, Pedrosa LF, Arrais RF. (2009). Comparison between objective assessment and self-assessment of sexual maturation in children and adolescents. *J Pediatr (Rio J);* 85(2):135-42.

Aziz AR, Chia M, Teh KC. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 40(3):195-200.

Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY, The KC. (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 47(4):401-7.

Bale P, Mayhew JL, Piper FC, Ball TE, Willman MK. (1992). Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 32(2):142-8.

Baltaci G, N Un, Tunay V, Besler A, Gerçeker S. (2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *Br J Sports Med* 03;37:59-61.

Bangsbo J, Nørregaard L, Thorsø F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci*. 16(2):110-6.

Bangsbo J, Lindquist F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med*. 13(2):125-32.

Bangsbo J. (1994). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*; 619:1-155.

Bangsbo J. (1994 b). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci*; 12 Spec No:S5-12.

Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*; 24(7):665-74.

Barbosa e Silva O, Saraiva LC, Sobral Filho DC. (2007). Treadmill stress test in children and adolescents: higher tolerance on exertion with ramp protocol. *Arq Bras Cardiol*. 89(6):391-7.

Barlow A, Clarke R, Johnson N, Seabourne B, Thomas D, Gal J. (2004). Effect of massage of the hamstring muscle group on performance of the sit and reach test. *Br J Sports Med*. 38(3):349-51.

Baxter-Jones AD, Helms P, Maffulli N, Baines-Preece JC, Preece M. (1995). Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Ann Hum Biol*. 22(5):381-94

Beenakker EA, van der Hoeven JH, Fock JM, Maurits NM. (2001). Reference values of maximum isometric muscle force obtained in 270 children aged 4-16 years by hand-held dynamometry. *Neuromuscul Disord*. 11(5):441-6

Ben Abdelkrim N, Chaouachi A, Chamari K, Chtara M, Castagna C. (2010). Positional role and competitive-level differences in elite-level men's basketball players. *J Strength Cond Res*; 24(5):1346-55.

Beneke R, Pollmann C, Bleif I, Leithäuser RM, Hütler M.(2002). How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans?. *Eur J Appl Physiol*. 87(4-5):388-92. Epub 2002 May 28.

Beneke Ralph, Hutler Matthias, Jung Marcus, and Leithauser M Renate (2005). Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *J Appl Physiol* 99: 499 –504

Beneke R, Hütler M, Leithäuser RM. (2007). Anaerobic performance and metabolism in boys and male adolescents. *Eur J Appl Physiol.* 101(6):671-7.

Bedu M, Fellmann N, Spielvogel H, Falgairette G, Van Praagh E, Coudert J. (1991). Force-velocity and 30-s Wingate tests in boys at high and low altitudes. *J Appl Physiol.* 70(3):1031-7.

Billat LV, Koralsztein JP. (1996). Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 22(2):90-108.

Billat VL, Morton RH, Blondel N, Berthoin S, Bocquet V, Koralsztein JP, Barstow TJ.(2000). Oxygen kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol.* 2000 Jun;82(3):178-87.

Billat V, Hamard L, Koralsztein JP, Morton RH. (2009). Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. *J Appl Physiol.* 107(2):478-87. Epub 2009 May 28.

Blimkie CJ, Roache P, Hay JT, Bar-Or O. (1988). Anaerobic power of arms in teenage boys and girls: relationship to lean tissue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 57(6):677-83.

Bishop D, Spencer M, Duffield R, Lawrence S. (2001). The validity of a repeated sprint ability test. *J Sci Med Sport.* 2001 Mar;4(1):19-29.

Blondel N, Berthoin S, Billat V, Linsel G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of vVO<sub>2</sub>max and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *Int J Sports Med.* 2001 Jan;22(1):27-33.

Bohannon RW. (2008). Is it legitimate to characterize muscle strength using a limited number of measures? *J Strength Cond Res.* 22(1):166-73.

Bohannon RW. (2009). Dynamometer measurements of grip and knee extension strength: are they indicative of overall limb and trunk muscle strength? *Percept Mot Skills.* 108(2):339-42.

Bohannon RW. (2008). Is it legitimate to characterize muscle strength using a limited number of measures?. *J Strength Cond Res.* 22(1):166-73.

Bolgia LA, Keskula DR (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *J Orthop Sports Phys Ther.* 26(3):138-42.

Bonat S, Pathomvanich A, Keil MF, Field AE, Yanovski JA. (2002). Self-assessment of pubertal stage in overweight children. *Pediatrics;* 110(4):743-7.

Boreham CA, Paliczka VJ, Nichols AK. (1990). A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J Sports Med Phys Fitness.* 30(1):19-23.

Bosco C, Luhtanen P, Komi P V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J of Appl Physiol* 50, (2):273-282.

Bosco Carmelo, Luhtanen Pekka and Komi Paavo V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology.* Volume 50, Number 2.

Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krstrup P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci.* 27(2):159-68.

Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res.* 24(9):2343-51.

Brechue WF, Mayhew JL. (2009). Upper-body work capacity and 1RM prediction are unaltered by increasing muscular strength in college football players. *J Strength Cond Res.* 23(9):2477-86.

Brechue WF, Mayhew JL, Piper FC. (2010). Characteristics of sprint performance in college football players. *J Strength Cond Res.* 24(5):1169-78.

Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med.* 31(11):818-25.

Bull RK, Edwards PD, Kemp PM, Fry S, Hughes IA. (1999). Bone age assessment: a large scale comparison of the Greulich and Pyle, and Tanner and Whitehouse (TW2) methods. *Arch Dis Child.* 81(2):172-3.

Büken B, Safak AA, Yazici B, Büken E, Mayda AS. (2007). Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int* 173(2-3):146-53.

Bunc V, Psotta R. (2001). Physiological profile of very young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 41(3):337-41.

Bundle MW, Hoyt RW, Weyand PG. (2003). High speed running performance: a new approach to assessment and prediction. *J Appl Physiol.* 95(5):1955-62.

Butterfield SA, Lehnhard RA, Loovis EM, Coladarci T, Saucier D. (2009). Grip strength performances by 5- to 19-year-olds. *Percept Mot Skills.* 109(2):362-70.

Buyken AE, Karaolis-Danckert N, Remer T. (2009). Association of prepubertal body composition in healthy girls and boys with the timing of early and late pubertal markers. *Am J Clin Nutr.* 89(1):221-30.

Camarda SR, Tebexreni AS, Páfaró CN, Sasai FB, Tambeiro VL, Juliano Y, Barros Neto TL. (2008). Comparison of maximal heart rate using the prediction equations proposed by Karvonen and Tanaka. *Arq Bras Cardiol.* 91(5):311-4.

Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ, Morris RT, Ciroslan DA, Pierce KC, Newton RU, Harman EA, Sands WA, Stone MH. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *Strength Cond Res*;18(3):534-9.

Carlson J, Naughton G. (1994). Performance characteristics of children using various braking resistances on the wingate anaerobic test. *Deportes J MedFitness Phys.* 34 (4):362-9.

Carron AV, Bailey DA. (1974). Strength development in boys from 10 through 16 years. *Monogr Soc Res Child Dev*;39(4):1-37.

Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res.* 17(4):775-80.

Castagna C, Belardinelli R, Impellizzeri FM, Abt GA, Coutts AJ, D'Ottavio S. (2007). Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. *J Sci Med Sport.*10(2):89-95.

Castagna C, Chaouachi A, Rampinini E, Chamari K, Impellizzeri F. (2009). Aerobic and explosive power performance of elite italian regional-level basketball players. *J Strength Cond Res.* 23(7):1982-7.

Ceglia A. (2005). Maturation index of bone age, dental and morphological. Latin American Journal of Orthodontics and Pediatric Dentistry "Ortodoncia.ws May. Available in: [www.ortodoncia.ws](http://www.ortodoncia.ws)

Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med.* 22(1):45-51.

Chamari K, Hachana Y, Ahmed YB, Galy O, Sghaïer F, Chatard JC, Hue O, Wisløff U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med.* 38(2):191-6.

Chamari K, Moussa-Chamari I, Boussaïdi L, Hachana Y, Kaouech F, Wisløff U. (2005). Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *Br J Sports Med.* 39(2):97-101.

Chamari K, Chaouachi A, Hambli M, Kaouech F, Wisløff U, Castagna C. (2008). The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *J Strength Cond Res.* 22(3):944-50.

Chatrath R, Shenoy R, Serratto M, Thoele DG. (2002). Physical fitness of urban American children. *Pediatr Cardiol.* 23(6):608-12.

Chan NP, Sung RY, Kong AP, Goggins WB, So HK, Nelson EA. (2008). Reliability of pubertal self-assessment in Hong Kong Chinese children. *J Paediatr Child Health;*44(6):353-8.

Chatrath R, Shenoy R, Serratto M, Thoele DG. (2002). Physical fitness of urban American children. *Pediatr Cardiol.;*23(6):608-12.

Chelly MS, Chérif N, Amar MB, Hermassi S, Fathloun M, Bouhlel E, Tabka Z, Shephard RJ. (2010). Relationships of peak leg power, 1 maximal repetition half back squat, and leg muscle volume to 5-m sprint performance of junior soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(1):266-71.

Chen X, Wang Y. (2009). The influence of sexual maturation on blood pressure and body fatness in African-American adolescent girls and boys. *Am J Hum Biol.*21(1):105-12.

Cheng G, Gerlach S, Libuda L, Kranz S, Günther AL, Karaolis-Danckert N, Kroke A, Buyken AE. (2010). Diet quality in childhood is prospectively associated with the timing of puberty but not with body composition at puberty onset. *J Nutr.* 140(1):95-102.

Chillón P, Castro-Piñero J, Ruiz JR, Soto VM, Carbonell-Baeza A, Dafos J, Vicente-Rodríguez G, Castillo MJ, Ortega FB. (2010). Hip flexibility is the main determinant of the back-saver sit-and-reach test in adolescents. *J Sports Sci.* 28(6):641-8.

Chowdhury SD, Ghosh T. (2009). The upper arm muscle and fat area of Santal children: an evaluation of nutritional status. *Acta Paediatr.* 98 (1):103-6.

Christou, Marios, Smilios, Ilias, Sotiropoulos, Konstantinos, Volaklis, Konstantinos Pilianidis, Theofilos, Tokmakidis, Savvas P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J Strength Cond Res.* 20(4):783-91.

Clerke A, Clerke J. (2001). A literature review of the effect of handedness on isometric grip strength differences of the left and right hands. *Am J Occup Ther.* 55(2):206-11.

Coelho E Silva, Manuel J. Figueiredo, Antonio J. Moreira Carvalho, Humberto and Malina, Robert M. (2008). Functional capacities and sport specific skills of 14 to 15 year old male basketball players: Size and maturity effects. *European Journal of Sport Science* Vol. 8 Issue 5, p277.

Coelho E Silva, Manuel J. Figueiredo, Antonio J. Moreira Carvalho, Humberto and Malina, Robert M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Ann Hum Biol.* 36(1):60-73.

Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med.* 22(1):45-51.

Coso JD, Mora-Rodríguez R (2006). Validity of cycling peak power as measured by a short-sprint test versus the Wingate anaerobic test. *Appl Physiol Nutr Metab.* 31(3):186-9.

Cumming GR, Everatt D, Hastman L. (1978). Bruce treadmill test in children: normal values in a clinic population. *Am J Cardiol.* 41(1):69-75.

Cunha FA, Midgley AW, Monteiro WD, Farinatti PT. (2010). Influence of cardiopulmonary exercise testing protocol and resting VO<sub>2</sub> assessment on %HR(max), %HRR, %VO<sub>2</sub>(max) and %VO<sub>2</sub>R relationships. *Int J Sports Med;* 31(5):319-26. Epub 2010 Mar 3.

da Silva JF, Guglielmo LG, Bishop D. (2010). Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(8):2115-21.

de Bruin NC, van Velthoven KA, Stijnen T, Juttman RE, Degenhart HJ, Visser HK. (1995). Body fat and fat-free mass in infants: new and classic anthropometric

indexes and prediction equations compared with total-body electrical conductivity. *Am J Clin Nutr.* 61(6):1195-205.

De Smet L, Vercammen A. (2001). Grip strength in children. *J Pediatr Orthop B.* 10(4):352-4.

Dietrich S, Blair SN, Kersting M, Molnar D, González-Gross M, Gutiérrez A, Sjöström M, Castillo MJ; on behalf of the HELENA study. (2010). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med.* 11.

Di Michele R, Di Renzo AM, Ammazalorso S, Merni F. (2009). Comparison of physiological responses to an incremental running test on treadmill, natural grass, and synthetic turf in young soccer players. *J Strength Cond Res;* 23(3):939-45.

Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med.* 2009 Mar;30(3):205-12.

Dóber I, Királyfalvi L. (1993). Pubertal development in south-Hungarian boys and girls. *Ann Hum Biol.* 20(1):71-4.

Dotan R, Ohana S, Bediz C, Falk B. (2003). Bloodlactate disappearance dynamics in boys and men following exercise of similar and dissimilar peak-lactate concentrations. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 16(3):419-29.

Dubowy KO, Baden W, Bernitzki S, Peters B. (2008). A practical and transferable new protocol for treadmill testing of children and adults. *Cardiol Young.* 18(6):615-23.

Duke PM, Lit IF, Gross RT. (1980). Adolescents' self-assessment of sexual maturation. *Pediatrics.* 66(6):918-20.

Duncan MJ, Woodfield L, al-Nakeeb Y. (2006). Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players..- Br J Sports Med. 2006 Jul;40(7):649-51.

Earp JE, Joseph M, Kraemer WJ, Newton RU, Comstock BA, Fragala MS, Dunn-Lewis C, Solomon-Hill G, Penwell ZR, Powell MD, Volek JS, Denegar CR, Häkkinen K, Maresh CM. (2010). Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. J Strength Cond Res; 24(3):722-9.

Eklom B. (1986). Applied physiology of soccer. Sports Med. 3(1):50-60.

Eklom B. (2003). Manual de las Ciencias de Entrenamiento. Fútbol. Editorial Paidotribo.

Euling SY, Selevan SG, Pescovitz OH, Skakkebaek NE. (2008). Role of environmental factors in the timing of puberty. Pediatrics. 121 Suppl 3:S167-71.

Espinoza Isbelia Izaguirre, de Tomei Coromoto Macías, de Gómez Moira Castañeda y Méndez Castellano Hernán. (2003). Atlas de Maduración Osea del venezolano. An Venez Nutr v.16 n.1

Falgairrette G, Bedu M, Fellmann N, Van-Praagh E, Coudert J. (1991). Bioenergetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 62(3):151-6.

Faigenbaum AD, Westcott WL, Loud RL, Long C. (1999). The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. Pediatrics. 104(1):e5.

Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, Rowland TW. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res.* 23(5 Suppl):S60-79.

Fawcner S, Armstrong N. (2003). Oxygen uptake kinetic response to exercise in children. *Sports Med.* 33(9):651-69.

Fellman N, Coudert J. (1994). Physiology of muscular exercise in children. *Arch Pediatr.* 1 (9):827-40.

Feldman D, Shrier I, Rossignol M, Abenhaim L. (1999). Adolescent growth is not associated with changes in flexibility. *Clin J Sport Med.* 9(1):24-9.

Feliú Rovira A, Albanell Pemán M, Bestit Cartasona C, Baños Martínez F, Fernández-Ballart J, Marti-Henneberg C. (1991). Prediction of physical endurance in athletes during puberty: analysis of high performance soccer players. *An Esp Pediatr.* 35(5):323-6.

Fellmann N, Coudert J. (1994). Physiology of muscular exercise in children. *Arch Pediatr.* 1(9):827-40.

Feldman D, Shrier I, Rossignol M, Abenhaim L. (1999). Adolescent growth is not associated with changes in flexibility. *Clin J Sport Med.* 9(1):24-9.

Figueiredo AJ, Gonçalves CE, Coelho E Silva MJ, Malina RM. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Ann Hum Biol;* 36(1):60-73.

Franz IW, Mellerowicz H. (1982). Methodologic and exercise-physiologic principles of ergometry: value of noninvasive parameters in the detection of

compromised exercise capacity due to heart disease (author's transl). *Herzt* 7(1):29-41.

Fredriksen PM, Ingjer F, Nystad W, Thaulow E. (1998). Aerobic endurance testing of children and adolescents a comparison of two treadmill protocols. *Scand J Med Sci Sports*. 8(4):203-7.

Gabbett TJ. (2010). The development of a test of repeated-sprint ability for elite women's soccer players. *J Strength Cond Res*. 24(5):1191-4.

García-López J, Peleteiro J, Rodríguez-Marroyo JA, Morante JC, Herrero JA, Villa JG. (2005). The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *Int J Sports Med*. 2005 May;26(4):294-302.

Gaul CA, Docherty D, Cicchini R. (1995). Differences in anaerobic performance between boys and men. *Int J Med Deporte*. 16 (7) :451-5.

Georgopoulos N, Markou K, Theodoropoulou A, Paraskevopoulou P, Varaki L, Kazantzi Z, Leglise M, Vagenakis AG. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*. 84(12):4525-30.

Georgopoulos NA, Roupas ND, Theodoropoulou A, Tsekouras A, Vagenakis AG, Markou KB. (2010). The influence of intensive physical training on growth and pubertal development in athletes. *Ann N Y Acad Sci*. 1205:39-44.

Ghaly I, Hussein FH, Abdelghaffar S, Anwar G, Seirvogel RM. (2008). Optimal age of sexual maturation in Egyptian children. *East Mediterr Health J*. 14(6):1391-9.

Girard O, Chevalier R, Leveque F, Micallef JP, Millet GP. (2006). Specific incremental field test for aerobic fitness in tennis. *Br J Sports Med*. 40(9):791-6.

Gil S, Ruiz F, Irazusta A, Gil J, Irazusta J.(2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J Sports Med Phys Fitness*. 47(1):25-32.

Girard O, Chevalier R, Leveque F, Micallef JP, Millet GP. (2006). Specific incremental field test for aerobic fitness in tennis. *Br J Sport Med* 40(9):791-6.

Gravina L, Gil SM, Ruiz F, Zubero J, Gil J, Irazusta J. (2008). Anthropometric and physiological differences between first team and reserve soccer players aged 10-14 years at the beginning and end of the season. *J Strength Cond Res*.22(4):1308-14.

Green S. (1995). Measurement of anaerobic work capacities in humans. *Sports Med*. 19(1):32-42.

Green S, Dawson B. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med*. 15(5):312-27.

Greene JJ, McGuine TA, Levenson G, Best TM. (1998). Anthropometric and Performance Measures for High School Basketball Players. *J Athl Train*; 33(3):229-232.

Guerrero Arkady, Sánchez Jaeger Armando. (2009). Índice de masa corporal según grado de desarrollo puberal en varones venezolanos. *An venez Nutr*; 22(1):20-24

Gulmans VA, de Meer K, Binkhorst RA, Helders PJ, Saris WH. (1997). Reference values for maximum work capacity in relation to body composition in healthy Dutch children. *Eur Respir J*; 10(1):94-7.

Guner R, Kunduracioglu B, Ulkar B. (2006). Running velocities and heart rates at fixed blood lactate concentrations in young soccer players. *Adv Ther.* 23(3):395-403.

Günther AL, Karaolis-Danckert N, Kroke A, Remer T, Buyken AE. (2010) Dietary protein intake throughout childhood is associated with the timing of puberty. *J Nutr.* 140(3):565-71.

Gurd Brendon and Klentrou Panagiota. (2003). Physical and pubertal development in young male gymnasts. *J Appl Physiol* 95: 1011–1015.

Hamilton RT, Shultz SJ, Scmiitz RJ, Perrin DH (2008). Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *J Athl Train.* 43(2):144-51.

Hansen L, Bangsbo J, Twisk J, Klausen K. (1999). Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *J Appl Physiol.* 87(3):1141-7.

Harmer AR, McKenna MJ, Sutton JR, Snow RJ, Ruell PA, Booth J, Thompson MW, Mackay NA, Stathis CG, Crameri RM, Carey MF, Eager DM. (2000). Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *J Appl Physiol.* 89(5):1793-803.

Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 33(11):1925-31.

Helsen WF, Hodges NJ, Van Winckel J, Starkes JL. (2000). The roles of talent, physical precocity and practice in the development of soccer expertise. *J Sports Sci.* 18(9):727-36.

Hergenroeder AC, Hill RB, Wong WW, Sangi-Haghpeykar H, Taylor W. (1999). Validity of self-assessment of pubertal maturation in African American and European American adolescents. *J Adolesc Health*; 24(3):201-5.

Herman-Giddens Marcia E., PA, MPH, DrPH; Wang Lily, MS; Koch Gary. (2001). Secondary Sexual Characteristics in Boys. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 155:1022-1028.

Hetzler RK, Schroeder BL, Wages JJ, Stickley CD, Kimura IF. (2010). Anthropometry increases 1 repetition maximum predictive ability of NFL-225 test for Division IA college football players. *J Strength Cond Res*. 2010 Jun;24(6):1429-39.

Heymsfield SB, Martin-Nguyen A, Fong TM, Gallagher D, Pietrobelli A. (2008). Body circumferences: clinical implications emerging from a new geometric model. *Nutr Metab* 6;5:24.

Hilyer JC, Brown KC, Sirles AT, Peoples L. (1990). A flexibility intervention to reduce the incidence and severity of joint injuries among municipal firefighters. *J Occup Med*; 32(7):631-7.

Himes JH. (2006). Examining the evidence for recent secular changes in the timing of puberty in US children in light of increases in the prevalence of obesity. *Mol Cell Endocrinol*. 2006 Jul 25;254-255:13-21. Epub 2006 Jun 8.

Hirakoba K, Yunoki T. (2002). Bloodlactate changes during isocapnic buffering in sprinters and long distance runners. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 21(3):143-9.

Hoare DG, Warr CR. (2000). Talent identification and women's soccer: an Australian experience. *J Sports Sci*. 18(9):751-8.

Hoff J, Wisløff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med.* 36(3):218-21.

Hoff J, Helgerud J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med.* 34(3):165-80.

Hoff J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci;* 23(6):573-82.

Holt LE, Pelham TW, Burke DG. (1999). Modifications to the Standard Sit-and-Reach Flexibility Protocol. *J Athl Train.* 34(1):43-47.

Hui SS, Yuen PY. (2000). Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with other protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 32(9):1655-9.

le Gall F, Carling C, Williams M, Reilly T. (2010). Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *J Sci Med Sport.* 13(1):90-5

Inbar, Bar-Or O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 18 (3):264-9.

Jaric S. (2002). Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports Med.* 2002;32(10):615-31.

Jones MA, Hitchen PJ, Stratton G. (2000). The importance of considering biological maturity when assessing physical fitness measures in girls and boys aged 10 to 16 years. *Ann Hum Biol.* 27(1):57-65.

Jones P, Bampouras TM, Marrin K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J Sports Med Phys Fitness*. 49(1):97-104.

Jürimäe T, Hurbo T, Jürimäe J. (2008). Relationship of handgrip strength with anthropometric and body composition variables in prepubertal children. 60(3):225-38.

Juul A, Teilmann G, Scheike T, Hertel NT, Holm K, Laursen EM, Main KM, Skakkebaek NE. (2006). Pubertal development in Danish children: comparison of recent European and US data. *Int J Androl*. 29(1):247-55.

Kachouri M, Vandewalle H, Huet M, Thomaïdis M, Jousselin E, Monod H. (1996). Is the exhaustion time at maximal aerobic speed an index of aerobic endurance?. *Arch Physiol Biochem*. 104(3):330-6.

Kahl H, Schaffrath Rosario A, Schlaud M. (2007). Sexual maturation of children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 50(5-6):677-85.

Karlberg J. (2002). Secular trends in pubertal development. *Horm Res*. 57 Suppl 2:19-30.

Karaolis-Danckert N, Buyken AE, Sonntag A, Kroke A. (2009). Birth and early life influences on the timing of puberty onset: results from the DONALD (Dortmund Nutritional and Anthropometric Longitudinally Designed) Study. *Am J Clin Nutr*. 90(6):1559-65.

Kanbur NO, Düzgün I, Derman O, Baltaci G. (2005). Do sexual maturation stages affect flexibility in adolescent boys aged 14 years?. *J Sports Med Phys Fitness*. 45(1):53-7.

Kaplan T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *J Strength Cond Res*. 24(6):1495-501.

Karila C, de Blic J, Waernessyckle S, Benoist MR, Scheinmann P. (2001). Cardiopulmonary exercise testing in children: an individualized protocol for workload increase. *Chest*. 120(1):81-7.

Kawano MM, Ambar G, Oliveira BI, Boer MC, Cardoso AP, Cardoso JR. (2010). Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter*. 14 (1):10-5.

Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisløff U. (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fitness*. 43(2):139-44.

Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun JM. (1983). Isokinetic, isometric and isotonic strength relationships. *Arch Phys Med Rehabil*. 1983 Feb; 64(2):77-80.

Knoepfli B, Riddell MC, Ganzoni E, Burki A, Villiger B, von Duvillard SP. (2004). Off seasonal and pre-seasonal assessment of circulating energy sources during prolonged running at the anaerobic threshold in competitive triathletes. *Br J Sports Med*. 38(4):402-7.

Kristensen LB, Andersen TB, Sørensen H. (2004). Optimizing segmental movement in the jumping header in soccer. *Sports Biomech*; 3(2):195-208.

Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisløff U. (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fitness*. 43(2):139-44.

Kamińska K, Woynarowska B. (1984). Evaluation of the degree and dynamics of changes in the physical fitness of children and adolescents with simple obesity. *Pediatr Pol* 59 (4):279-85.

Kanbur NO, Düzgün I, Derman O, Baltacı G. (2005). Do sexual maturation stages affect flexibility in adolescent boys aged 14 years? *J Sports Med Phys Fitness*. 45(1):53-7.

Kaplan T. (2010). Examination of repeated sprinting ability and fatigue index of soccer players according to their positions. *J Strength Cond Res*; 24(6):1495-501.

Kawano MM, Ambar G, Oliveira BI, Boer MC, Cardoso AP, Cardoso JR. (2010). Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter*. 14(1):10-5.

Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisløff U. (2003). Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fitness*. 43(2):139-44.

Khorasani MA, Sahebozamani M, Tabrizi KG, Yusof AB. (2010). Acute Effect of Different Stretching Methods on Illinois Agility Test in Soccer Players. *J Strength Cond Res*.

Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun JM. (1983). Isokinetic, isometric and isotonic strength relationships. *Arch Phys Med Rehabil*. 64(2):77-80.

Knoepfli B, Riddell MC, Ganzoni E, Burki A, Villiger B, von Duvillard SP. (2004). Offseasonal and pre-seasonal energy sources Assessment

of circulating DURING Prolonged anaerobic threshold running in the competitive triathletes. *Br J Sports Med* 38 (4) :402-7.

Kristensen LB, Andersen TB, Sørensen H. (2004). Optimizing segmental movement in the jumping header in soccer. *Sports Biomech.* 3(2):195-208.

Kucukerdonmez O, Koksal E, Rakicioglu N, Pekcan G. (2005). Assessment and evaluation of the nutritional status of the elderly using 2 different instruments. *Saudi Med J.* 26(10):1611-6.

Kulin HE, Müller J. (1996). The biological aspects of puberty. *Pediatr Rev.* 1996 Mar;17(3):75-86.

Kuriyan R, Thomas T, Kurpad AV. (2008). Total body muscle mass estimation from bioelectrical impedance analysis & simple anthropometric measurements in Indian men. *Indian J Med Res.* 127(5):441-6.

Lara AJ, Abián J, Alegre LM, Jiménez L, Aguado X. (2006). Assessment of power output in jump tests for applicants to a sports sciences degree. *J Sports Med Phys Fitness.* 46(3):419-24.

Leard JS, Cirillo MA, Katsnelson E, Kimiatek DA, Miller TW, Trebincevic K, Garbalosa JC. (2007). Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *J Strength Cond Res;* 21(4):1296-9.

Leatt P, Shephard RJ, Plyley MJ. (1987). Specific muscular development in under-18 soccer players. *J Sports Sci.* 5(2):165-75.

Lee PA. (1980). Normal ages of pubertal events among American males and females. *J Adolesc Health Care.* 1:26-29.

Lee SS. (1980). Managing the health system: Quebec style. Health Manage Forum. Autumn 1980, 1 (3) :7-15.

Lee PA, Guo SS, Kulin HE. (2001). Age of puberty: data from the United States of America. APMIS. 109(2):81-8.

Lees A, Barton G. (1996). The interpretation of relative momentum data to assess the contribution of the free limbs to the generation of vertical velocity in sports activities. J Sports Sci. 14(6):503-11.

Lefkof MB. (1986). Trunk flexion in healthy children aged 3 to 7 years. Phys Ther. 66(1):39-44.

Léger LA, Lambert J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 49(1):1-12.

Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. Sports Sci. Summer;6(2):93-101.

Lenk MK, Alehan , Celiker A, Alpay F, Sarici U. (1998) Bruce treadmill test in healthy Turkish children: endurance time, heart rate, blood pressure and electrocardiographic changes. Turk J Pediatr. 40(2):167-75.

Leone M, Comtois AS. (2007). Validity and reliability of self-assessment of sexual maturity in elite adolescent athletes. J Sports Med Phys Fitness. 2007 Sep;47(3):361-5.

Leonard Joseph H, Roslizawati N, Safrusahar MY, Efri NM, Das S, Baharudin O, Pharmy A.(2009). Effect of pubertal developmental stages and lower limb kinetics during vertical jump task in Sepak Takraw Sport. Clin Ter; 160(5):403-7.

Lexell J, Sjöström M, Nordlund AS, Taylor CC. (1992). Growth and development of human muscle: a quantitative morphological study of whole vastus lateralis from childhood to adult age. *Muscle Nerve*. 15(3):404-9.

Liu NY, Plowman SA, Looney MA. (1992). The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport*. 63(4):360-5.

Loos R, Thomis M, Maes HH, Beunen G, Claessens AL, Derom C, Legius E, Derom R, Vlietinck R. (1997). Gender-specific regional changes in genetic structure of muscularity in early adolescence. *J Appl Physiol*. 82(6):1802-10.

López Miñarro PA, Rodríguez García PL. (2010). Hamstring muscle extensibility influences the criterion related validity of sit and reach and toe touch tests. *J Strength Cond Res*. 2010 Apr; 24(4):1013-8.

Macías-Tomei C, López-Blanco M, Espinoza I, Vasquez-Ramirez M. (2000). Pubertal development in Caracas upper-middle-class boys and girls in a longitudinal context. *Am J Hum Biol*. 12(1):88-96.

Markovic G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med*. 41(6):349-55.

Maffulli N, Greco R, Greco L, D'Alterio D. (1994). Treadmill exercise in Neopolitan children and adolescents. *Acta Paediatr*. 83(1):106-12.

Maio Alves JM, Rebelo AN, Abrantes C, Sampaio J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *J Strength Cond Res*. 24(4):936-41.

Malina RM, Beunen G, Lefevre J, Woynarowska B. (1997). Maturity-associated variation in peak oxygen uptake in active adolescent boys and girls. *Ann Hum Biol.* 1997 Jan-Feb;24(1):19-31.

Malina RM, Peña Reyes ME, Eisenmann JC, Horta L, Rodrigues J, Miller R. (2000). Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years. *J Sports Sci.* 18(9):685-93.

Malina RM, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol.* 91(5-6):555-62. Epub 2003 Nov 27.

Malina RM, Cumming SP, Kontos AP, Eisenmann JC, Ribeiro B, Aroso J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *J Sports Sci.* 23(5):515-22.

Malina RM. (2007). Physical fitness of children and adolescents in the United States: status and secular change. *Med Sport Sci.*; 50:67-90.

Malina RM. (2010). Maturity status and injury risk in youth soccer players. *J Clin Med Deporte.* 20 (2): 132.

Mangine RE, Noyes FR, Mullen MP, Barber-Westin SD. (1990). A physiological profile of the elite soccer athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*; 12(4):147-52.

Marcovic G. (2007). Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 47(3):276-83.

Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. (2000). Ventilatory response to exercise and rating of perceived exertion in two pediatric age groups. *Acta Physiologica Pharmacologica Bulgarica*. 25(3-4):93-8.

Martin DT, Andersen MB. (2000). Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *J Sports Med Phys Fitness*. 40(3):201-8.

Martin Dietrich, Nicolaus Jurgen, Ostrowski Chistine y Rost Klaus. (2004). *Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil*. Editorial PaidoTribò. Barcelona.

Martin DT, Andersen MB. (2000). Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *J Sports Med Phys Fitness*. 40(3):201-8.

MarrodánSerranoMD, CollazosRomeroJF, RomeroMorenoS, Mesa MSSanturino, Cabañas ArmesillaMD, Pacheco del CerroJL, Gonzalez-Montero de EspinosaM. (2009). Handgrip strength and teenagers aged in children from 6 to 18 years: reference values and relationship with size and body composition. *An Pediatr (Barc)*. 2009 Apr; 70 (4):340-8.

Matecki S, Prioux J, Amsallem F, Mercier J, Prefaut C, Ramonatxo M. (2001). Maximal oxygen uptake in healthy children: factors of variation and available standards. *Rev Mal Respir*. 18(5):499-506.

McCurdy K, Langford G, Jenkerson D, Doscher M. (2008). The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. *J Strength Cond Res*. 22(3):678-83.

McIntyre MC, Hall M. (2005). Physiological profile in relation to playing position of elite college Gaelic footballers. *Br J Sports Med*. 39(5):264-6.

McMillan K, Helgerud J, Macdonald R, and J Hoff.(2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players.Br J Sports Med. 39(5): 273–277.

Meckel Y, Machnai O, Eliakim A. (2009). Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. J Strength Cond Res. 23(1):163-9.

Mendez-Villanueva A, Bishop D, Hamer P. (2007).Reproducibility of a 6-s maximal cycling sprint test.J Sci med sport. 10(5):323-6.

Menzel HJ, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SR, Campos CE, Giannetti MR.(2010). Usefulness of the jump-and-reach test in assessment of vertical jump performance. Percept Mot Skills; 110(1):150-8.

Metaxas TI, Koutlianos NA, Kouidi EJ, Deligiannis AP. (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. J Strength Cond Res. 19(1):79-84.

Mikkelsen LO, Nupponen H, Kaprio J, Kautiainen H, Mikkelsen M, Kujala UM. (2006). Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study. Br J Sports Med. 40(2):107-13.

Mikulić P, Ruzić L, Marković G. (2009). Evaluation of specific anaerobic power in 12-14-year-old male rowers.J Sci Med Sport. 12(6):662-6.

Miller DK, Kieffer HS, Kemp HE, Torres SE. (2001). Off-season physiological profiles of elite National Collegiate Athletic Association Division III male soccer players. J Strength Cond Res. 25(6):1508-13.

Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray A. (2003). VO<sub>2</sub> responses to different intermittent runs at velocity associated with VO<sub>2</sub>max. *Can J Appl Physiol.* 2003 Jun; 28(3):410-23.

Mirkov D, Nedeljkovic A, Kukulj M, Ugarkovic D, Jaric S. (2008). Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *J Strength Cond Res.* 22(4):1046-50.

Mohamed H, Vaeyens R, Matthys S, Multael M, Lefevre J, Lenoir M, Philippaerts R. (2009). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *J Sports Sci.* 1; 27(3):257-66.

Molenaar HM, Selles RW, Zuidam JM, Willemsen SP, Stam HJ, Hovius SE. (2010). Growth diagrams for grip strength in children. *Clin Orthop Relat Res.* 468(1):217-23.

Monfort-Pañego M, Vera-García FJ, Sánchez-Zuriaga D, Sarti-Martínez MA. (2009). Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *J Manipulative Physiol Ther.* 32(3):232-44.

Monteilh C, Kieszak S, Flanders WD, Maisonet M, Rubin C, Holmes AK, Heron J, Golding J, McGeehin MA, Marcus M. (2011). Timing of maturation and predictors of Tanner stage transitions in boys enrolled in a contemporary British cohort. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 25(1):75-87.

Moreno Romero S, Mesa Santurino MS, Cabañas Armesilla MD, Pacheco Del Cerro JL, González-Montero de Espinosa M. (2009). Handgrip strength in children and teenagers aged from 6 to 18 years: reference values and relationship with size and body composition. *An Pediatr (Barc).* 70 (4):340-8.

Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, Duarte JA. (2002). Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol.* 14(6):707-12.

Mujika I, Spencer M, Santisteban J, Goiriena JJ, Bishop D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci.*27(14):1581-90.

Naughton G, Carlson J, Fairweather I. (1992). Determining the variability of performance on Wingate anaerobic tests in children aged 6-12 years. *Int J Sports Med.* 13(7):512-7.

Nedeljkovic A, Mirkov DM, Kukulj M, Ugarkovic D, Jaric S. (2007). Effect of maturation on the relationship between physical performance and body size. *J Strength Cond Res.* 21(1):245-50.

Nevill AM, Holder RL, Baxter-Jones A, Round JM, Jones DA. (1998). Modeling developmental changes in strength and aerobic power in children. *J Appl Physiol.* 84(3):963-70.

Newman DG, Pearn J, Barnes A, Young CM, Kehoe M, Newman J. (1984). Norms for hand grip strength. *Arch Dis Child.* 59(5):453-9.

Neu CM, Rauch F, Rittweger J, Manz F, Schoenau E. (2002). Influence of puberty on muscle development at the forearm. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 283(1):E103-7.

Newman DG, Pearn J, Barnes A, Young CM, Kehoe M, Newman J. (1984). Norms for hand grip strength. *Arch Dis Child.* 59(5):453-9.

Nolla, RA, Gómez-Vaquero JM, Fiter C, Roig-Escofet J D. (2000). Computed digital absorptiometry of the hand: screening method of bone loss in postmenopausal women. *Ann Rheum Dis.* 2000 Jun; 59 (6): 492.

Northridge DB, Grant S, Ford I, Christie J, McLenachan J, Connelly D, McMurray J, Ray S, Henderson E, Dargie HJ. (1990). Novel exercise protocol suitable for use on a treadmill or a bicycle ergometer. *Br Heart J*; 64(5):313-6

Olesen HL. (1992). Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. *J Appl Physiol.* 1992 Sep; 73(3):1130-4.

Oliver J, Armstrong N, Williams C. (2008). Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *J Sports Sci.* 15; 26(2):141-8.

Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodriguez G, Moreno LA, Manios Y, Béghin L, Ottevaere C, Ciarapica D, Sarri K, Dietrich S, Blair SN, Kersting M, Molnar D, González-Gross M, Gutiérrez A, Sjöström M, Castillo MJ; on behalf of the HELENA study. (2010). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med.* 11.

Ostenberg A, Roos E, Ekdahl C, Roos H. (1998). Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 8(5 Pt 1):257-64.

Papadimitriou A, Stephanou N, Papantzimas K, Glynos G, Philippidis P. (2000). Sexual maturation of Greek boys. *Ann Hum Biol.* 29(1):105-8.

Parfrey KC, Docherty D, Workman RC, Behm DG. (2008). The effects of different sit- and curl-up positions on activation of abdominal and hip flexor musculature. *Appl Physiol Nutr Metab.* 33(5):888-95.

Patton JF, Murphy MM, Frederick FA.(1985). Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med.* 6(2):82-5.

Paton CD, Hopkins WG.(2001). Tests of cycling performance. *Sports Med.* 31(7):489-96.

Perry MC, Straker LM, O'Sullivan PB, Smith AJ, Hands B. (2008). Fitness, motor competence and body composition as correlates of adolescent neck/shoulder pain: an exploratory cross-sectional study. *BMC Public Health.* 15; 8:290.

Pienaar AE, Spamer MJ, Steyn HS Jr. (1998). Identifying and developing rugby talent among 10-year-old boys: a practical model. *J Sports Sci.* 16(8):691-9.

Ponorac N, Matavulj A, Rajkovaca Z, Kovacević P. (2007). The assessment of anaerobic capacity in athletes of various sports. *Med Pregl.* 60(9-10):427-30.

Poole DC, Wilkerson DP, Jones AM.(2008). Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. *Eur J Appl Physiol;* 102(4):403-10. Epub 2007 Oct 30.

Popadic Gacesa JZ, Barak OF, Grujic NG. (2009). Maximal anaerobic power test in athletes of different sport disciplines. *J Strength Cond Res.;* 23(3):751-5.

Prado Martínez Consuelo, Marrodán Serrano María Dolores y del Valle Ramiro Antonio. (2009). Crecimiento y Maduración (En Cabañas Armesilla, M<sup>a</sup> Dolores; Esparza Ros, Francisco. Compendio de Cineantropometría.) Edición a color.

Prioux J, Ramonatxo M, Mercier J, Granier P, Mercier B, Prefaut C. (1997). Changes in maximal exercise ventilation and breathing pattern in boys during growth: a mixed cross-sectional longitudinal study. *Acta Physiol Scand.*161 (4):447-58.

Pyne DB, Hopkins WG, Batterham AM, Gleeson M, Fricker PA. (2005). Characterising the individual performance responses to mild illness in international swimmers. *Br J Sports Med* 39 (10):752-6.

Quanjer PH, Stanojevic S, Stocks J, Hall GL, Prasad KV, Cole TJ, Rosenthal M, Perez-Padilla R, Hankinson JL, Falaschetti E, Golshan M, Brunekreef B, Al-Rawas O, Kühr J. (2010). Changes in the FEV<sub>1</sub>/FVC ratio during childhood and adolescence: an intercontinental study. *Eur Respir J*. 2010 Dec; 36(6):1391-9.

Rabito EI, Mialich MS, Martínez EZ, García RW, Jordao AA Jr, Marchini JS. (2008). Validation of predictive equations for weight and height using a metric tape. *Nutr Hosp*. 23(6):614-8.

Rahnama N, Lees A, Bambaecichi E. (2005). Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*. 15-Nov 15; 48(11-14):1568-75.

Raman A, Lustig RH, Fitch M, Fleming SE. (2009). Accuracy of self-assessed Tanner staging against hormonal assessment of sexual maturation in overweight African-American children. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 22(7):609-22.

Ramsay JA, Blimkie CJ, Smith K, Garner S, MacDougall JD, Sale DG. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc*. 22(5):605-14.

Randers MB, Mujika I, Hewitt A, Santisteban J, Bischoff R, Solano R, Zubillaga A, Peltola E, Krusturup P, Mohr M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*. 28(2):171-82.

Rauch F, Neu CM, Wassmer G, Beck B, Rieger-Wettengl G, Rietschel E, Manz F, Schoenau E. (2002). Muscle analysis by measurement of maximal isometric grip

force: new reference data and clinical applications in pediatrics. *Pediatr Res.* 51(4):505-10.

Ré AH, Corrêa UC, Böhme MT.(2010). Anthropometric characteristics and motor skills in talent selection and development in indoor soccer. *Percept Mot Skills.* 110(3 Pt 1):916-30.

Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci.* 18(9):695-702.

Reilly T, Bangsbo J, Franks A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci.* 18(9):669-83.

Reilly T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *J Sports Sci.* 2005 Jun; 23(6):561-72.

Requena B, González-Badillo JJ, de Villareal ES, Erelina J, García I, Gapeyeva H, Pääsuke M. (2009). Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *J Strength Cond Res.* 23(5):1391-401.

Robertson A, Deitz J. (1988). A description of grip strength in preschool children. *Am J Occup Ther.* 42(10):647-52.

Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Gairola A, Kowallis RA, Liu Y, Randall CR, Tessmer KA, Schnorr TL, Schroeder AE, White B. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the OMNI RPE Scale. *J Strength Cond Res.* 22(1):196-201.

Roemmich JN, Richmond RJ, Rogol AD.(2001). Consequences of sport training during puberty. *J Endocrinol Invest.* 24(9):708-15.

Rösch D, Hodgson R, Peterson TL, Graf-Baumann T, Junge A, Chomiak J, Dvorak J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sports Med.* 28(5 Suppl):S29-39.

Rowland TW. (1990). Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Med.* 10 (4):255-66.

Rowland TW, Cunningham LN.(1992). Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. *Chest*; 101(2):485-9.

Rowland TW. (2007). Evolution of maximal oxygen uptake in children.*Med Sport Sci.* 50:200-9.

Rowland TW. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res.* 23(5 Suppl):S60-79.

Sands WA, McNeal JR, Ochi MT, Urbanek TL, Jemni M, Stone MH. (2004). Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests.*J Strength Cond Res.* 18(4):810-5.

Sartorio A, Agosti F, De Col A, Lafortuna CL. (2006). Age and gender related variations of leg power output and body composition in severely obese children and adolescents. *J Endocrinol Invest.* 29(1):48-54.

Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. (1999). Cross validation of three jump power equations. *Medicine & Science in Sports & Exercise: Volume 31 - Issue 4 - pp 572-577*

Scharhag-Rosenberger F, Meyer T, Gässler N, Faude O, Kindermann W. (2010). Exercise at given percentages of VO<sub>2</sub>max: heterogeneous metabolic responses between individuals. *J Sci Med Sport*; 13(1):74-9.

Segers V, De Clercq D, Janssens M, Bourgois J, Philippaerts R. (2008). Running economy in early and late maturing youth soccer players does not differ. *Br J Sports Med*. 42(4):289-94.

Semiz S, Kurt F, Kurt DT, Zencir M, Sevinç O. (2008). Pubertal development of Turkish children. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 21(10):951-61.

Scheuermann BW, Barstow TJ.(2003). O<sub>2</sub> uptake kinetics during exercise at peak O<sub>2</sub> uptake. *J Appl Physiol*. 95(5):2014-22.

Sheppard JM, Young WB. (2006). Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci*. 24(9):919-32.

Shimon JM, Darden GF, Martinez R, Clouse-Snell J.(2010). Initial reliability and validity of the lift and raise hamstring test. *J Strength Cond Res*. 24(2):517-21.

Siegler J, Robergs R, Weingart H. (2006). The application of soccer performance testing protocols to the non-elite player. *J Sports Med Phys Fitness*. 46(1):44-51.

Silva VA, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, Oliveira RJ.(2007). Maximum heart rate in Brazilian elderly women: comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol*. 88(3):314-20.

Silventoinen K, Haukka J, Dunkel L, Tynelius P, Rasmussen F. (2008). Genetics of pubertal timing and its associations with relative weight in childhood and adult height: the Swedish Young Male Twins Study. *Pediatrics*. 121(4):e885-91.

Sjöström M, Castillo MJ; on behalf of the HELENA study. (2010). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med.*

Skof B, Strojnik V. (2006). Neuromuscular fatigue and recovery dynamics following prolonged continuous run at anaerobic threshold. *Br J Sports Med.* 40(3):219-22; discussion 219-22.

Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 60(5):709-23.

Smith R, Ford KR, Myer GD, Holleran A, Treadway E, Hewett TE. (2007). Biomechanical and performance differences between female soccer athletes in National Collegiate Athletic Association Divisions I and III. *J Athl Train.* 2007; 42(4):470-6.

Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. (2005). Physiological and responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med.* 2005; 35(12):1025-44.

Sporis G, Jukic I, Milanovic L, Vucetic V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(3):679-86.

Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 35(6):501-36.

Strøyer J, Hansen L, Klausen K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc.* 36(1):168-74.

Suminski RR, Ryan ND, Poston CS, Jackson AS. (2004). Measuring aerobic fitness of Hispanic youth 10 to 12 years of age. *Int J Sports Med.* 25(1):61-7.

Sun SS, Schubert CM, Chumlea WC, Roche AF, Kulin HE, Lee PA, Himes JH, Ryan AS. (2002). National estimates of the timing of sexual maturation and racial differences among US children. *Pediatrics* 110(5):911-9.

SungRY, Leung SS, Lee TK, Cheng JC, Lam PK, Xu YY. (1999). Cardiopulmonary response to exercise of 8- and 13-year-old Chinese children in Hong Kong: results of a pilot study. *Hong Kong Med J* 5 (2):121-127.

Svensson M, Drust B. (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci*; 23(6):601-18.

Tahara Y, Moji K, Tsunawake N, Fukuda R, Nakayama M, Nakagaichi M, Komine T, Kusano Y, Aoyagi K. (2006). Physique, body composition and maximum oxygen consumption of selected soccer players of Kunimi High School, Nagasaki, Japan. *J Physiol Anthropol*. 25(4):291-7.

Taskin H. (2008). Evaluating sprinting ability, density of acceleration, and speed dribbling ability of professional soccer players with respect to their positions. *J Strength Cond Res*. 22(5):1481-6.

Taylor SJ, Whincup PH, Hindmarsh PC, Lampe F, Odoki K, Cook DG. (2001). Performance of a new pubertal self-assessment questionnaire: a preliminary study. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 15(1):88-94.

Taylor MJ, Cohen D, Voss C, Sandercock GR. (2010). Vertical jumping and leg power normative data for English school children aged 10-15 years. *J Sports Sci*. 2010 Jun; 28(8):867-72.

Thomas V, Reilly T. (1979). Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *Br J Sports Med*. 13(3):103-9.

Toumi H, Best TM, Martin A, F'Guyer S, Poumarat G. (2004). Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *Int J Sports Med.* 25(5):391-8.

Vaeyens R, Malina R M, Janssens M, Van Renterghem B, Bourgois J, Vrijens J, and Philippaerts R M. (2006). A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project *Br J Sports Med.* 2006 November; 40(11): 928–934.

Vandewalle H, Pérès G, Monod H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med.* 4(4):268-89.

Van Praagh E, Doré E. (2002). Short term muscle power during growth and maturation. *Sports Med.* 32(11):701-28.

Varona-López W, Guillemont M, Y Spyckerelle, Mulot B, Deschamps JP.(1988). Self-assessment of the stages of sex maturation in male adolescents. *Pediatric*1988; 43(3):245-9.

van derZijpMH-van Cammer, IjsselstijnM,TakkenT,WillemsenSP,TibboelD, Stam HJ, van den Berg-Emons RJ. (2010). Exercisetestingofpre-schoolchildrenusingthe Brucetreadmillprotocol:newreferencevalues. *EurJApplPhysiol.*108 (2):393-9.

Veale JP, Pearce AJ, Koehn S, Carlson JS. (2008). Performance and anthropometric characteristics of prospective elite junior Australian footballers: a case study in one junior team. *J Sci Med Sport.* 11(2):227-30.

Veldre G, Jürimäe T. (2004). Anthropometric parameters and sexual maturation in 12- to 15-year-old Estonian boys. *Anthropol Anz.*62 (2):203-15.

Vescovi JD, Rupf R, Brown TD, Marques MC. (2010). Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age. *Scand J Med Sci Sports*.

Viviani F, Casagrande G, Toniutto F. (1993). The morphotype in a group of peripubertal soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 33(2):178-83.

Wagner PD. (1996). Determinants of maximal oxygen transport and utilization. *Annu Rev Physiol*. 58:21-50.

Wang Y. (2002). Is obesity associated with early sexual maturation? A comparison of the association in American boys versus girls. *Pediatrics*. 110(5):903-10.

Weber CL, Chia M, Inbar O. (2006). Gender differences in anaerobic power of the arms and legs a scaling issue. *Med Sci Sports Exerc*. 38(1):129-37.

Williams RL, Cheyne KL, Houtkooper LK, Lohman TG. (1988). Adolescent self-assessment of sexual maturation. Effects of fatness classification and actual sexual maturation stage. *J Adolesc Health Care*; 9(6):480-2.

Williams CA. (1997). Children's and adolescents' anaerobic performance during cycle ergometry. *Sports Med*. 1997 Oct; 24(4):227-40.

Williams RL, Cheyne KL, Houtkooper LK, Lohman TG. (1988). Adolescent self-assessment of sexual maturation. Effects of fatness classification and actual sexual maturation stage. *J Adolesc Health Care*; 9(6):480-2.

Williams AM. (2000). Perceptual skill in soccer: implications for talent identification and development. *J Sports Sci*. 18(9):737-50.

Wilson G, Murphy A. (1995). The efficacy of isokinetic, isometric and vertical jump tests in exercise science. *Aust J Sci Med Sport*; 27(1):20-4.

Wilson GJ, Murphy AJ. (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med*. 22(1):19-37.

Wirth A, Träger E, Scheele K, Mayer D, Diehm K, Reischle K, Weicker H. (1978). Cardiopulmonary adjustment and metabolic response to maximal and submaximal physical exercise of boys and girls at different stages of maturity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 20; 39(4):229-40.

Wisløff U, Helgerud J, Hoff J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc*. 30(3):462-7.

Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*; 38(3):285-8.

Wong del P, Wong SH. (2009). Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *J Strength Cond Res*; 23(5):1383-90.

Workman JC, Docherty D, Parfrey KC, Behm DG. (2008). Influence of pelvis position on the activation of abdominal and hip flexor muscles. *J Strength Cond Res*. 22(5):1563-9.

Wragg CB, Maxwell NS, Doust JH.(2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol*.; 83(1):77-83.

Young WB, James R, Montgomery I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*. 42(3):282-8.

Young WB. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. Int J Sports Physiol Perform. 1(2):74-83.

Young WB, Willey B. (2010). Analysis of a reactive agility field test. J Sci Med Sport.13 (3):376-8.

Zurlo de Mirotti SM, Lesa AM, Barrón de Carbonetti M. (1993). Pubertal development in males. Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba. Suppl: 31-6.

Zwierzchowska, Anna, Gawlik, Krystyna, Żebrowska, Aleksandra. (2007). Anaerobic Capacity Of Blind Children And Adolescents. Human Movement. Vol 8 Issue 1, p12 3p.