



universidad
de León



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE
Curso Académico 2015/2016

ESTUDIO DE LA ASIMETRÍA CORPORAL A TRAVÉS DE LA
ABSORCIOMETRÍA DUAL DE RAYOS X (DXA) EN FUNCIÓN DE LA
EDAD Y EL SEXO

Asymmetry corporal study through dual x-ray absorptiometry (DXA)
according to age and sex

Autor/a: Sergio Baz Montero
Tutor/a: José Antonio De Paz Fernández

Fecha: 04/07/16

VºBº TUTOR/A

VºBº AUTOR/A

ÍNDICE:

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS	3
RESUMEN	4
1. ANTECEDENTES.....	5
1.1. Tipos de asimetría.....	6
1.2. Principales causas de la asimetría:	6
1.3. Métodos para medir la asimetría:	7
1.4. Absorciometría dual de rayos x (DXA):.....	8
2. OBJETIVOS	11
3. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Realización del DXA.....	12
3.2. Procedimiento del estudio:	14
4. RESULTADOS	15
5. DISCUSIÓN	18
6. CONCLUSIONES	21
7. LIMITACIONES.....	22
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

DMO: Densidad mineral ósea

CMO: Contenido mineral óseo

MMT: Masa grasa total

MG: Masa grasa

MM: Masa magra

MO: Masa ósea

ROI: Regiones de interés

DS: desviación estándar

X: media

RESUMEN

La simetría en el cuerpo humano se ha venido estudiando a lo largo de los siglos. En los últimos tiempos se ha comprobado que el cuerpo no es tan simétrico como se creía, existe asimetría en él. Los objetivos de este trabajo son determinar si existen asimetrías en personas activas y si estas se ven afectadas en función del sexo o la edad. Se ha seleccionado una muestra de 330 sujetos (165 hombres y 165 mujeres) comprendidos en un rango de edad entre 18 y 28 años. Y se ha estudiado su composición corporal (masa ósea, magra y grasa) en el cuerpo entero y concretamente en los brazos y piernas a través del DXA. Se han comparado los resultados entre ambos brazos y piernas y éstos entre hombres y mujeres de igual y distinta edad. Los resultados muestran que existen asimetrías en hombres y mujeres, excepto en la masa ósea de las piernas de los hombres. Variando la asimetría solo en función de la edad de los hombres. Y siendo los hombres y las mujeres igual de asimétricos entre sí. Podemos concluir que la edad solo afecta a la asimetría de los hombres y que el sexo no depende de ésta.

Palabras clave: DXA, composición corporal, asimetría, edad , sexo.

ABSTRACT

Symmetry in the human body has been studied over the centuries. In recent times it has been found that the body is not as symmetrical as believed, there is asymmetry in it. The objectives of this work are to determine whether there are asymmetries in active people and if these are affected by gender or age. It has selected a sample of 330 subjects (165 men and 165 women) included in an age range between 18 and 28 years. And it has been studied their body composition (bone, lean and fat mass) in the whole body and specifically in arms and legs through DXA. The results have been compared between both arms and legs and these between men and women of same and different ages. The results show that there are asymmetries in men and women, except in the bone mass of men's legs. Changing the asymmetry only according to the age of men. And being men and women equally asymmetrical each other. We can conclude that age affects only the asymmetry of men and sex does not depend on these.

Key words: DXA, body composition, asymmetry, age, sex.

1. ANTECEDENTES

Hay muchas definiciones para el término “simetría” dependiendo del área en la que utilizemos dicho termino. La definición más común según la R.A.E. es la “Correspondencia que se puede distinguir, de manera ideal, en el cuerpo de una planta o de un animal respecto a un centro, un eje o un plano, de acuerdo con los cuales se disponen ordenadamente órganos o partes equivalentes.” En el cuerpo humano la simetría viene determinada por un único plano, llamado plano sagital, el cual divide al cuerpo en dos mitades aparentemente idénticas, dicha simetría se conoce como simetría bilateral. En biología, la simetría bilateral izquierda-derecha se relaciona positivamente con la salud y con una alta calidad genética (Krzykala, 2012). Por ejemplo, los animales, hacen de la simetría un criterio de selección, asociando a ella un mejor capital genético para las futuras generaciones (Møller & Swaddle, 1997)

La simetría es algo que siempre nos ha preocupado a lo largo de la humanidad: “en la arquitectura y en la escultura desarrolladas por los griegos, el cuerpo humano fue considerado como el ejemplo más perfecto de simetría” (Blanco, 2005). Platón ya afirmaba que la simetría era lo ideal (la belleza es simétrica y proporcional) y que existía una perfecta armonía entre un lado y el otro (Krzykala, 2012). Leonardo da Vinci hizo un estudio de las proporciones del cuerpo humano a través de su famoso dibujo: el Hombre de Vitruvio. Se trata de un estudio de las proporciones del cuerpo humano, realizado a partir de los textos de arquitectura de Vitruvio, arquitecto de la antigua Roma. Es una representación de la simetría del cuerpo humano también conocido como el Canon de las proporciones humanas. Después del interés de los seres humanos por considerar el cuerpo simétrico, hoy en día sabemos que el cuerpo no es tan simétrico como nosotros pensábamos. En realidad: en los seres humanos, un cierto nivel de asimetría en las dimensiones del cuerpo es más una norma que una excepción (Al-Eisa, Egan, y Wassersug, 2004).

El cuerpo humano no está formado por dos partes simétricas, una derecha y otra izquierda. Numerosos órganos son impares, pero no todos son medios y algunos de ellos están desplazados a la derecha o a la izquierda (como el hígado a la derecha, o el bazo a la izquierda) (Latarjet y Liard, 2007). Podemos decir entonces que existe una asimetría

morfológica, algunos estudios indican que esta tiende a ser mayor en los miembros superiores que en los inferiores. Las asimetrías son del orden del 1% sobre los rasgos totales del cuerpo, pequeños cambios porcentuales en la parte izquierda o derecha del cuerpo, a la larga con la edad resultarán grandes cambios porcentuales en la asimetría total del cuerpo (Krzykala, 2010).

1.1. Tipos de asimetría

Existen tres tipos de asimetría según Wolanski, (1995) citado por Krzykala, (2012):

1. Morfológica: diferencias en el tamaño y forma de los órganos o partes de nuestro cuerpo situadas a la izquierda o a la derecha del cuerpo.
2. Funcional: relacionada con uno de los hemisferios dominantes (frecuentemente el izquierdo).
3. Dinámica: Diferencias entre las extremidades izquierda y derecha en fuerza, dureza y elasticidad muscular.

La asimetría que voy a estudiar es la morfológica bilateral, la cual se puede clasificar en tres tipos según Van Valen, (1962) citado por Krzykala, (2012):

1. Asimetría direccional: cuando unos rasgos se desarrollan más en un lado que en el otro, por ejemplo el cerebro humano.
2. Antisimetría: típico pero impredecible como el tipo de dominancia (zurdo, diestro, cruzada...).
3. Asimetría fluctuante: "desviaciones producidas aleatoriamente de una simetría perfecta de dos lados y los rasgos cuantitativos en un individuo para que la media poblacional de las diferencias derecha-izquierda sean cero y su variabilidad casi una distribución normal".

1.2. Principales causas de la asimetría:

Una de las causas más frecuentes es la preferencia lateral, la cual siempre ha estado asociada con un gran número de asimetrías morfológicas, por ejemplo, Stergioulas,

Papaloucas, Papaloucas y Tripolitsioti (2008), informaron de que el hueso húmero era más largo en el brazo dominante que en el no dominante. Otros anatomistas encontraron que la masa media de los músculos y huesos de la parte dominante es mayor en la parte dominante del cuerpo (Gutnik et al., 2015). En cambio, otros autores como Lucki y Nicolay (2007) no encontraron asimetrías significativas en las medidas del antebrazo. Por lo que todavía, hoy en día surgen algunas dudas de si las asimetrías están estrechamente relacionadas con la lateralidad.

Otra causa es la actividad física o deporte, teniendo en cuenta: la especialidad deportiva y el volumen, frecuencia e intensidad del entrenamiento. Aunque todas las disciplinas deportivas están caracterizadas por acciones específicas asimétricas o simétricas (Krzykala 2010). Las mayores asimetrías se encuentran sobre todo en la participación en disciplinas deportivas asimétricas (tenis, hockey, balonmano, baloncesto...) relacionándose con cambios asimétricos en tejidos blandos (Krzykala, 2012).

1.3. Métodos para medir la asimetría:

Los métodos que se utilizan para medir la asimetría son los mismos métodos que utilizamos para el análisis de la composición corporal, la cual nos determina en este caso si existen o no asimetrías. Los métodos pueden ser directos o indirectos. El único método directo que existe es la disección de cadáveres. Dentro de los métodos indirectos existen también los métodos doblemente indirectos.

En los métodos indirectos encontramos (Moreira, Alonso-Aubin, Oliveira, Candia-Luján y De Paz, 2015) :

- Tomografía axial computarizada: Se basa en el uso de un escáner de emisión de rayos-X que traspasan al sujeto. Tiene gran precisión pero somete a la persona a una alta relativa radiación, además de tener un coste económico elevado.
- Resonancia Magnética Nuclear: Es una técnica que puede proporcionar imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos. Se basa en la interacción entre los núcleos atómicos del hidrógeno y los campos magnéticos generados y controlados por el dispositivo.
- Absorciometría dual de rayos X (DXA): La más utilizada hoy en día, hablaré de ella con detenimiento a continuación.
- Pletismografía: Utilizada por desplazamiento de aire, estima la composición corporal indirectamente a través del volumen de aire que desplaza dentro de una cámara

cerrada.

En los métodos doblemente indirectos encontramos:

- Antropometría: Es el método más tradicional para evaluar el tamaño de los segmentos del cuerpo. Utiliza circunferencias, espesores de los pliegues cutáneos, la amplitud del esqueleto y las longitudes de los segmentos corporales totales y regionales (Heyward & Wagner, 2004).
- Impedancia bioeléctrica: Se basa en el principio de que la conductividad del agua del cuerpo varía en los diferentes compartimentos, así este método mide la impedancia a una pequeña corriente eléctrica aplicada a medida que pasa a través del cuerpo

1.4. Absorciometría dual de rayos x (DXA):

Según Hart, Nimphius, Spiteri, Cochrane y Newton (2015); la absorciometría de rayos X de energía dual, también llamada densitometría (DXA) es una técnica bidimensional en vivo comúnmente usada para capturar proyecciones de las masas que componen todo el cuerpo a través de la tecnología de los rayos X. Se basa en la absorción variable de los rayos X por los diferentes componentes del organismo y emplea fotones de rayos X atenuados y de muy baja energía (Lorente et al., 2012)

Hemos escogido esta herramienta ya que es principalmente utilizada para determinar con precisión y fiabilidad las características de la composición del cuerpo y la masa ósea in vivo (Hart et al., 2015). Según Albanese, Diessel y Genant, (2003) la precisión del DXA es alta, con un margen de error entorno al 2-6% para la composición corporal. Es el instrumento, de los anteriormente mencionados, más ventajoso y es que el análisis de la asimetría se debe hacer con las pruebas estadísticas más avanzadas. Además, la interpretación de los resultados dados debe hacerse con precaución, especialmente, si las diferencias observadas son tan pequeñas que podrían ser inferiores a los errores técnicos de la medición (Krzykala, 2012).

El DXA se ha utilizado principalmente para el diagnóstico de la osteoporosis a través de la densitometría ósea, pudiendo predecir el riesgo de fractura, indicar el tratamiento o monitorizar su efecto. Ya en 1994, la OMS introdujo la determinación del DMO mediante el DXA como forma idónea para cuantificar la osteoporosis (Lorente et al., 2012). Otra de las aplicaciones del DXA es la evaluación de los trastornos de la nutrición, especialmente en los

que puede haber un trastorno hormonal o factores de riesgo cardiovascular. Se aplica también en: enfermedades gastrointestinales, hepatobiliares, insuficiencia renal avanzada, enfermedades endocrinológicas, afecciones pulmonares y diversos tratamientos crónicos (Albanese et al., 2003). Otros usos menos habituales son estudios en ortopedia para investigar la integración de prótesis valorando la mineralización regional (Lorente et al., 2012). Además, se está estudiando su uso en lipodistrofias y lipoatrofias, fundamentalmente en pacientes con infección por VIH (Lorente et al., 2012).

A la hora del análisis de la composición corporal el DXA es uno de los métodos más aceptados para la evaluación de la composición corporal, algunos autores lo proponen como el método más válido y preciso (Krzykala, 2012). Moreira et al., (2015) lo comparó con otros métodos de evaluación de la composición corporal como la impedancia bioeléctrica, la antropometría, el RMN etc. Es un modelo tricompartmental lo que significa que permite la cuantificación de tres componentes: la masa mineral esquelética, la masa grasa y la masa libre de grasa o muscular (Nana, Slater, Stewart, y Burke, 2015). Es un instrumento fácil de usar, produce baja radiación ($<0,1 \mu\text{Gy}$) equiparable a la que se recibe durante un vuelo transoceánico o la radiación natural que experimenta una persona durante 5 días de vida normal. Y es muy preciso en las extremidades y el análisis de grasa. Los puntos en contra son: desde el punto de vista económico es una técnica cara y requiere la presencia de un radiólogo especializado para su manejo (Moreira et al., 2015).

También es una técnica que induce a errores. Siendo la posición incorrecta una de las causas más importantes de error (Lorente et al., 2012). Otras causas de error en la densitometría son: el movimiento propiciado por el sujeto, por lo que es muy importante recordarles antes de iniciar el proceso que no se pueden mover, la colocación de la región de interés (ROI), los cuerpos extraños como el material quirúrgico, las calcificaciones y las afecciones óseas como las fracturas. La cantidad de comida y líquidos ingeridos también puede inducir a pequeños errores en la determinación de la zona abdominal, según la revisión de Nana et al. (2015).

Hoy en día, el DXA está adquiriendo una gran importancia en el deporte. Según Silva, Minderico, Teixeira, Pietrobelli, y Sardinha (2006), las estimaciones de la composición corporal se utilizan frecuentemente en los atletas jóvenes para prescribir los pesos corporales deseables, para optimizar el rendimiento y para evaluar los efectos del entrenamiento. Además de identificar talentos deportivos y programar entrenamientos.

En la figura 1, hemos puesto una fotografía del instrumento que se ha empleado para este estudio.



Figura 1: Absorciometría dual de rayos x (DXA) situado en el FCAFD de León.

2. OBJETIVOS

En la búsqueda bibliográfica no hemos encontrado ningún estudio cuyo objetivo principal fuese el estudio de la asimetría en función del sexo y de la edad. Lo que si hemos encontrado han sido muchos estudios en los que se estudiaba la asimetría en brazos, piernas o ambos con una muestra deportista. Una primera idea a la hora de estudiar la asimetría era estudiar si estaba influenciada por el tipo de deporte que se practicaba. Al encontrar numerosos estudios sobre ello. Decidimos “volver a los orígenes” de si las personas activas eran simétricas o asimétricas y si el sexo y la edad repercutían en dicha asimetría. Por ello nos planteamos los siguientes objetivos:

El objetivo principal de nuestra investigación es estudiar cómo influye la edad y el sexo en la asimetría corporal. Para ello, realizamos una comparación entre sujetos de misma edad y distinto sexo. También comparamos a los de distinta edad y mismo sexo. Toda la muestra englobada entre un rango de 18 a 28 años.

El objetivo específico consiste en el estudio de la asimetría en la masa grasa, magra y ósea en los miembros superiores (brazo izquierdo, brazo derecho) e inferiores (pierna izquierda, pierna derecha) asociadas a la edad y el sexo.

3. METODOLOGÍA

3.1. Realización del DXA

Antes de realizar la densitometría se evaluó la talla y peso del sujeto. La talla se midió utilizando un tallímetro de pared SECA Mess Band (precisión 1 mm), con la persona erguida, sin calzado y con los pies juntos, en posición de Frankfurt. El peso se obtuvo con una báscula SECA Detecto (precisión 200 gr) (Patiño, 2015).

La composición corporal de la muestra estudiada (330 sujetos) se valoró mediante DXA, utilizando un analizador Lunar Prodigy – General Electric y un software Encore 2009, versión 13.0. El analizador fue calibrado al inicio de cada jornada. Mediante los datos y referencias anatómicas suministradas por el DXA, se obtuvo la masa total (kg), masa grasa (MG, kg), porcentaje de grasa, masa magra total (MMT, kg), masa magra (MM, kg) de miembros superiores e inferiores, masa ósea total (MO, kg) (Patiño, 2015).

Tras el escaneado, la imagen de cuerpo entero aparece de forma doble, una representación de hueso y otra de tejidos blandos (fig. 2). El equipo sitúa las ROIs (regiones de interés) de forma automática. Las ROIs corresponden a las regiones anatómicas: cabeza por debajo de la barbilla, brazos separados del cuerpo y pasando por las axilas, antebrazos separándolos del cuerpo, piernas separando cada una de los brazos, y con el corte de centro de las piernas entre ellas, columna adyacentes a ella a ambos lados, pelvis: corte superior inmediatamente por encima y cortes de la pelvis que pasan a través de los cuellos femorales sin tocar la pelvis. Además de la composición por regiones anatómicas calcula la distribución de la grasa en regiones predefinidas en el área pélvica: androide (central, el límite inferior es la pelvis y el lateral los brazos) y ginoide (cadera y muslos, los límites laterales son la región exterior de la pierna) (Lorente et al., 2012).

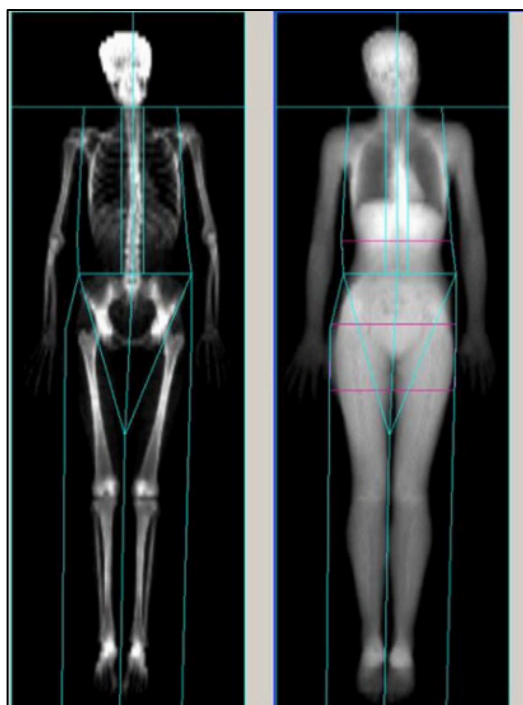


Figura 2: Imágenes proporcionadas por el DXA. Representación del hueso y los tejidos blandos. Cuerpo dividido en partes por las ROIs. Fuente: Lorente et al. (2012).

A la hora de realizar el DXA el paciente no requiere de ninguna preparación específica, salvo la precaución de despojarse de todo lo metálico que porte en o sobre las partes del cuerpo que van a ser estudiadas. Se deben excluir situaciones que contraindican la prueba, como el embarazo, la administración de contraste oral en los 5 días previos, o la realización de estudio isotópico en los dos días previos. Se debe informar de que el DXA utiliza una baja dosis de radiación. A la hora de colocar al paciente sobre la mesa, hay que prestar especial atención en que este no se salga de las marcas dibujadas, puesto que fuera de esos márgenes no llega la medición. El paciente se coloca en decúbito supino, centrado en la mesa con los brazos estirados a los lados del cuerpo, las manos mirando a las piernas sin tocarlas y los pulgares hacia arriba. Si el paciente es más ancho que la mesa de exploración, el estudio se realiza en medio cuerpo (incluyendo el cuello y la cabeza, y todo un lado, con el brazo y la pierna correspondientes) (Lorente et al., 2012).

3.2. Procedimiento del estudio:

En la búsqueda bibliográfica se seleccionaron solo aquellos estudios que utilizaban el DXA como el instrumento del análisis corporal, descartando bioimpedancias, ecuaciones antropométricas, densitometrías etc.

En un principio se seleccionó una muestra de 1272 densitometrías. Se depuró meticulosamente y nos quedamos con una muestra de 330 sujetos (165 hombres y 165 mujeres), emparejando los sujetos por edad y sexo, para que la muestra fuera homogénea entre varones y mujeres. Las características de la muestra elegida son: personas universitarias sanas, físicamente activas y con una edad comprendida entre 18 y 28 años. Dentro de los grupos de edad tenemos de 18 años 20 sujetos, 19 años 50 sujetos, 20 años 34 sujetos, 21 años 38 sujetos, 22 años 30 sujetos, 23 años 42 sujetos, 24 años 30 sujetos, 25 años 26 sujetos, 26 años 22 sujetos, 27 años 10 sujetos y 28 años 8 sujetos.

3.3. Metodología Estadística

Los resultados descriptivos se presentan como la media \pm desviación estándar ($X \pm DS$). Tras la verificación de la normalidad de la distribución de la muestra mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnof, la comparación de las variables entre el grupo total de varones frente al de mujeres, se realizó mediante la prueba T-Student para muestras independientes. La comparación de las variables, entre los diferentes grupos de edad del mismo sexo, se realizó mediante la prueba de Anova y cuando fue pertinente se realizó pruebas de post hoc de Bonferroni. Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS. Se estableció la significación estadística para un valor de $p < 0,05$.

4. RESULTADOS

Tabla 1: Comparación de la masa ósea, magra y grasa de diferentes partes del cuerpo entre hombres y mujeres.

			Mujeres (n=165)	Hombres (n=165)
			X ± DS	X ± DS
Brazo (g)	Derecho	MG	735,3 ± 392,6 *	400,8 ± 236,2
		MM	2150,1 ± 358,6 *	3894,0 ± 571,3
		MO	154,0 ± 22,6 *	230,1 ± 35,3
	Izquierdo	MG	699,2 ± 381,4 *	375,1 ± 223,0
		MM	2040,5 ± 354,6 *	3641,3 ± 526,1
		MO	145,6 ± 22,2 *	216,2 ± 33,9
Pierna (g)	Derecha	MG	3588,4 ± 1236,0 *	1959,9 ± 1021,6
		MM	6865,9 ± 986,2 *	10531,0 ± 1370,8
		MO	473,8 ± 69,6 *	662,6 ± 110,0
	Izquierda	MG	3521,4 ± 1239,0 *	1920,7 ± 995,2
		MM	6733,6 ± 982,2 *	10338,9 ± 1311,2
		MO	470,2 ± 71,9 *	664,5 ± 108,5
Ginoide (g)		MG	4049,7 ± 1274,3 *	2335,0 ± 991,0
Androide (g)		MG	1300,2 ± 894,4 *	916,4 ± 571,6
Cuerpo total (kg)	MG		17,70 ± 7,87 *	10,95 ± 5,60
	MM		40,03 ± 4,99 *	60,27 ± 6,20
	MO		2,56 ± 0,33 *	3,35 ± 0,50
Cuerpo total %	MG		28,53 ± 7,43 *	14,59 ± 6,81
	MM		67,18 ± 7,19 *	82,25 ± 8,27
	MO		4,29 ± 0,42 *	4,55 ± 0,56

Abreviaciones: MG: masa grasa; MM: masa magra; MO: masa ósea; X ± DS.
*Diferencia significativa entre hombres y mujeres p < 0,05

En la tabla anterior divide la muestra entre hombres y mujeres comparándolos entre ellos. Como podemos apreciar existen diferencias significativas en la masa grasa, magra y ósea de ambos brazos y piernas, en la masa grasa androide y ginoide y en la composición corporal total de manera absoluta y de forma porcentual.

Tabla 2: Comparación de la diferencia porcentual de brazos y piernas en la masa ósea, magra y grasa entre mujeres de distinta edad.

Sexo	Edad (años)	Diferencia % Brazos			Diferencia % Piernas		
		MG	MM	MO	MG	MM	MO
		X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS
Mujeres	18	6,1 ± 4,1	6,1 ± 4,1	6,8 ± 4,1	2,5 ± 2,1	2,5 ± 2,1	2,7 ± 2,2
	19	5,6 ± 4,4	5,6 ± 4,4	6,2 ± 5,0	3,2 ± 2,5	3,2 ± 2,5	2,2 ± 1,7
	20	6,1 ± 4,1	6,2 ± 4,2	7,0 ± 5,1	3,3 ± 2,6	3,3 ± 2,6	2,4 ± 1,9
	21	5,3 ± 3,8	5,2 ± 3,8	5,0 ± 3,8	2,6 ± 1,5	2,6 ± 1,5	2,8 ± 2,1
	22	5,8 ± 4,2	5,8 ± 4,2	6,3 ± 4,6	3,0 ± 2,2	3,0 ± 2,2	1,8 ± 1,7
	23	5,9 ± 5,8	6,0 ± 5,8	5,8 ± 5,1	3,7 ± 2,4	3,7 ± 2,4	2,0 ± 1,5
	24	4,6 ± 3,2	4,5 ± 3,1	5,4 ± 4,9	3,4 ± 3,1	3,4 ± 3,1	2,0 ± 1,5
	25	4,9 ± 4,7	4,9 ± 4,7	4,1 ± 4,1	2,6 ± 2,0	2,6 ± 2,0	2,3 ± 1,6
	26	7,1 ± 4,5	7,1 ± 4,6	8,1 ± 5,1	3,0 ± 2,2	3,0 ± 2,2	2,4 ± 2,0
	27	3,0 ± 3,7	3,1 ± 3,7	5,4 ± 5,5	1,8 ± 1,7	1,8 ± 1,6	2,2 ± 2,2
28	6,6 ± 3,3	6,3 ± 3,2	5,0 ± 3,4	2,2 ± 2,0	2,2 ± 2,0	1,4 ± 1,0	

Abreviaciones: MG: masa grasa; MM: masa magra; MO: masa ósea; X ± DS.

Como se puede observar en los resultados expuestos en la tabla; no existen diferencias significativas entre mujeres de distinta edad en la diferencia porcentual de la masa grasa, magra y ósea en brazos y piernas.

Tabla 3: Comparación de la diferencia porcentual de brazos y piernas en la masa ósea, magra y grasa entre hombres de distinta edad.

Sexo	Edad	Diferencia % Brazos			Diferencia % Piernas		
		MG	MM	MO	MG	MM	MO
		X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS
Hombres	18	4,7 ± 5,1 *	4,8 ± 5,0 *	4,6 ± 4,6 *	2,8 ± 1,9	2,8 ± 1,9	2,3 ± 1,4
	19	4,0 ± 3,7 *	4,0 ± 3,6 *	4,6 ± 4,3 *	2,7 ± 2,3	2,7 ± 2,2	2,1 ± 1,5
	20	6,0 ± 4,1 *	5,9 ± 4,0 *	5,7 ± 4,0	3,0 ± 2,3	3,0 ± 2,3	2,1 ± 1,3
	21	13,0 ± 4,6	12,9 ± 4,9	12,1 ± 9,3	3,4 ± 2,6	3,4 ± 2,7	3,8 ± 2,1
	22	8,4 ± 4,3	8,1 ± 4,2	7,9 ± 3,4	4,4 ± 2,9	4,4 ± 3,0	2,5 ± 2,6
	23	4,8 ± 4,8 *	4,9 ± 4,7 *	5,4 ± 4,9 *	2,6 ± 2,0	2,6 ± 2,0	2,1 ± 1,8
	24	6,0 ± 4,0 *	5,9 ± 4,0 *	4,5 ± 4,1 *	3,0 ± 2,5	3,0 ± 2,5	2,5 ± 1,8
	25	5,2 ± 3,9 *	5,1 ± 3,8 *	3,8 ± 2,9 *	3,1 ± 1,6	3,1 ± 1,7	2,2 ± 1,7
	26	4,0 ± 4,4 *	4,1 ± 4,6 *	4,0 ± 4,9 *	2,9 ± 1,8	2,8 ± 1,8	1,7 ± 1,5
	27	11,5 ± 3,4	11,5 ± 3,3	11,4 ± 6,1	4,1 ± 2,3	3,9 ± 2,2	3,3 ± 1,7
28	8,3 ± 2,5	8,3 ± 2,6	5,2 ± 3,8	2,8 ± 1,5	2,8 ± 1,4	1,9 ± 2,1	

Abreviaciones: MG: masa grasa; MM: masa magra; MO: masa ósea; X ± DS.

*Diferencia significativa entre el grupo de edad de 21 años: p < 0,05

En el caso de los hombres, en la tabla anterior se observan diferencias porcentuales en la masa grasa, magra y ósea de los brazos entre hombres de distinta edad. Concretamente entre el grupo de 21 años y los demás grupos de edad excepto los de 22, 27 y 28 años en la masa grasa y magra. En la masa ósea existen diferencias entre el grupo de 21 años y todos los demás excepto los de 20, 22, 27 y 28 años.

Tabla 4: Comparación de la masa ósea, magra y grasa de los miembros izquierdo y derecho entre mujeres y hombres.

		Mujeres (n=165)		Hombres (n=165)	
		Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
		X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS
Brazo (g)	MG	699,2 ± 381,4	735,3 ± 392,6 *	375,1 ± 223,0	400,8 ± 236,2 *
	MM	2040,5 ± 354,6	2150,1 ± 358,6 *	3641,2 ± 526,1	3894,0 ± 571,3 *
	MO	145,6 ± 22,2	153,9 ± 22,6 *	216,1 ± 33,9	230,1 ± 35,3 *
Pierna (g)	MG	3521,4 ± 1239,0	3588,4 ± 1236,0 *	1920,7 ± 995,2	1959,9 ± 1021,6 *
	MM	6733,6 ± 982,2	6865,9 ± 986,2 *	10338,8 ± 1311,2	10530,9 ± 1370,8 *
	MO	470,1 ± 71,9	473,7 ± 69,6 *	664,4 ± 108,5	662,5 ± 110,0

Abreviaciones: MG: masa grasa; MM: masa magra; MO: masa ósea; X ± DS.

*Diferencia significativa entre izquierdo y derecho $p < 0,05$

Según los datos de la tabla anterior, en la cual se comparan la extremidades superiores e inferiores, izquierda y derecha en hombres y mujeres, podemos observar que existen diferencias significativas en la masa grasa, magra y ósea entre los miembros izquierdo y derecho excepto en la masa ósea de las piernas en hombres, la cual no se ha encontrado asimetría entre la pierna derecha e izquierda.

Tabla 5: Comparación de la diferencia porcentual en los brazos y piernas en la masa ósea, magra y grasa entre mujeres y hombres.

Sexo	Diferencia % Brazos			Diferencia % Piernas		
	MG	MM	MO	MG	MM	MO
	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS	X ± DS
Mujeres	5,6 ± 4,3	5,6 ± 4,3	6,0 ± 4,6	3,0 ± 2,3	3,0 ± 2,3	2,3 ± 1,8
Hombres	6,4 ± 5,1	6,4 ± 5,1	6,1 ± 5,7	3,1 ± 2,3	3,1 ± 2,3	2,4 ± 1,9

Abreviaciones: MG: masa grasa; MM: masa magra; MO: masa ósea; X ± DS.

Comparando a mujeres y hombres para determinar cuál de los dos es más asimétrico. Los resultados nos indican que no hay diferencias significativas en la diferencia porcentual de la masa grasa, magra y ósea de los brazos y piernas entre hombres y mujeres.

5. DISCUSIÓN

Todos los estudios mencionados a continuación han utilizado el DXA como instrumento para el análisis corporal. Algunas abreviaciones utilizadas durante la discusión son las siguientes: DMO: densidad mineral ósea, CMO: contenido mineral óseo, MM: masa magra, MG: masa grasa, MO: masa ósea.

Partimos de la base que todas las personas tienen una distinta composición corporal. Dicha composición corporal depende de algunos factores como: la predisposición genética (diferentes biotipos), la edad (de forma lineal a partir de cierta edad, aproximadamente 30 años, menor porcentaje de MM y mayor de MG), el sexo (mujeres mayor porcentaje de MG que los hombres), la actividad física y la nutrición. Como podemos observar en la tabla 1; existen diferencias entre las mujeres y los hombres en toda la composición corporal. Siendo mayor la MG en las mujeres que en los hombres ($13,94 \pm 0,62 \%$) debido principalmente a los estrógenos que solo poseen estas. La MM es mayor en los hombres que en las mujeres ($15,07 \pm 1,08 \%$) debido a la morfología (pesan y miden más), a hormonas como la testosterona que solo poseen los hombres, a la estructura muscular determinada por la genética etc. En la MO no existe tanta diferencia entre los hombres y las mujeres, teniendo los hombres un $0,26 \pm 0,14 \%$ mayor que las mujeres. Según Gutnik et al. (2015), es probable que los hombres tengan una mayor lateralización funcional acorde a un cerebro con predominio del hemisferio izquierdo sobre el derecho.

En la tabla 2 comparamos a mujeres de 18 a 28 años, no aparecen diferencias significativas entre ellas, por lo cual este rango de edad no afecta a la asimetría. Taaffe, Lewis y Marcus (1994) también estudiaron si la diferencia de DMO en los brazos se veía afectada por la edad. Compararon dos grupos de mujeres sanas (26.6 ± 4.3 Vs 68.4 ± 2.9 años) concluyendo que la edad no afectaba al CMO de los brazos.

En la tabla 3 comparando a hombres de distinta edad, los resultados nos muestran que entre el grupo de 21 años y la mayoría de los demás grupos existen diferencias en la asimetría de los brazos. Algunos estudios indican que las asimetrías son más pronunciadas en las extremidades superiores en comparación con las extremidades inferiores cuando el lado derecho tiende a ser mayor que el izquierdo (Krzykala, 2012).

En la tabla 4 podemos observar que existen asimetrías entre los brazos izquierdo y derecho, teniendo una mayor MG, MM y MO en el brazo derecho que en el izquierdo en mujeres y hombres. Walters, Koo, Bush y Hammami, (1998) citados por Gutnik et al., (2015) midiendo ambos brazos, mostraron que el antebrazo no dominante tenía valores más altos que el dominante en al menos el 24% de los participantes. Estas asimetrías existentes son producidas por la carga mecánica mayor que se le aplica a dicho miembro (Gutnik et al., 2015).

Lo habitual es que el brazo dominante tenga un 1-2% mayor de CMO que el brazo contrario en sujetos jóvenes no activos. En un estudio con 10 mujeres postmenopáusicas de 59.7 ± 4.8 años que habían sido tenistas de jóvenes, encontraron diferencias significativas en el CMO de los brazos; teniendo un 8% mayor de CMO el brazo dominante que el no dominante. No encontraron diferencias entre DMO de ambos brazos (Sanchis-Moysi et al., 2004).

Taaffe et al. (1994), en un estudio con personas sanas jóvenes (26.6 ± 4.3 años) encontraron asimetrías en el CMO, MM y MG de los brazos. Teniendo un mayor CMO y MM y menor MG el brazo dominante. Concluyendo que una mayor masa ósea y magra en la extremidad dominante están causadas por una mayor demanda de actividad solicitada sobre esos tejidos de dicha extremidad. Obteniendo los mismos resultados que Sanchis-Moysi et al. (2010) y Sanchis-Moysi et al. (2004), en dos estudios diferentes: uno con 24 tenistas jóvenes (10 años aprox.) en el grupo de control (niños que no practicaban ningún deporte) y en el otro estudio con un grupo de control de 12 mujeres postmenopáusicas (68.2 ± 7.2 años), en cambio estos autores no encontraron asimetrías entre ambos brazos en CMO y DMO en ninguno de los estudios. En cambio, Mcclanahan et al. (2002), en un estudio con 184 atletas universitarios (hombres y mujeres) vieron que había más DMO en el brazo derecho que en el izquierdo, encontrando más diferencia en aquellos deportistas que en su deporte se implicaban los mayormente los brazos que las piernas.

También existen asimetrías entre ambas piernas en hombres y mujeres. Excepto en la MO de las piernas de los hombres, la cual es mayor en la pierna izquierda que en la derecha, pero no significativamente como he dicho anteriormente. Los tejidos blandos muestran mayores diferencias laterales que las mediciones en la cantidad de masa ósea del esqueleto (Krzykala, 2012). Por el contrario; Dane, Akar, Hacibeyoglu y Varoglu (2001) y Gümüstekin, Akar, Dane, Yildirim y Seven (2004) midieron la DMO del fémur en hombres y mujeres universitarias, encontrando asimetrías solo en los hombres, teniendo mayor DMO el fémur

de la pierna no dominante que la dominante. Al igual que Mcclanahan et al. (2002) en el estudio anteriormente nombrado.

Nazarian, Khayambashi y Rahnama (2010) en un estudio con 15 futbolistas profesionales de 23.2 ± 0.3 años vieron que había diferencias significativas entre la DMO de ambas piernas siendo mayor en la pierna no dominante, por el contrario en el grupo de control que utilizaron (14 sujetos no atletas de 22 años) no encontraron diferencias en la DMO de ambas piernas. Al igual que Wroński y Kaleta (2000) en su estudio con una muestra de 46 adultos sanos no encontraron diferencias significativas entre la DMO de ambas piernas.

Según Nazarian et al. (2010), la razón de tener mayor DMO en la pierna no dominante en futbolistas es debido al compromiso más frecuente de la pierna no dominante en el despegue, aterrizaje y postura de tiro.

Hart et al. (2015) estudiaron en una muestra de 31 deportistas australianos clasificándolos en dos niveles según su precisión de disparo. Midieron la MM de las piernas y concluyeron que los deportistas más precisos no tenían diferencias significativas entre la MM de una pierna y otra. En cambio entre los deportistas menos precisos existía una diferencia significativa entre la MM de ambas piernas produciendo desequilibrios en la fuerza.

Tras la vista de los resultados y la búsqueda bibliográfica pertinente no encontramos explicación a que los hombres no tengan asimetría en la masa ósea de las piernas y las mujeres sí.

La última tabla (tabla 5) hace referencia a la comparación de la asimetría entre hombres y mujeres en los brazos y piernas para ver si es uno más asimétrico que otro. Los resultados nos indican que no existen diferencias significativas entre unas y otros por lo que ambos son igual de asimétricos.

6. CONCLUSIONES

Tras el análisis e interpretación de los resultados podemos concluir que:

1. Los hombres y las mujeres son diferentes entre sí; teniendo más MG las mujeres y mayor MM y ligeramente mayor MO los hombres. Dicha diferencia es mayor cuando los valores son expresados en términos absolutos, disminuyendo dicha diferencia cuando los diferentes compartimentos corporales se expresan en términos relativos.
2. El grado de simetría no parece afectarse por la edad en las mujeres.
3. La asimetría se ve afectada por la edad de los hombres únicamente en los miembros superiores.
4. En las mujeres existen asimetrías en la MG, MM y MO tanto en los miembros superiores como en los inferiores.
5. En los hombres también existen asimetrías en la MG, MM y MO en los miembros superiores. En cambio, en los miembros inferiores solo existen asimetrías en la MG y MM.
6. Cuando hay asimetría, el grado de ésta es igual en hombres que en mujeres.

7. LIMITACIONES

Nuestro estudio tiene ciertas limitaciones como no disponer del mismo número de sujetos por cada grupo de edad, pudiendo darse variaciones en la comparación entre grupos de edad con mucha diferencia entre sí en el número de sujetos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albanese, C. V., Diessel, E., & Genant, H. K. (2003). Clinical applications of body composition measurements using DXA. *Journal of Clinical Densitometry*, 6(2), 75–85. doi:10.1385/jcd:6:2:75

Al-Eisa, E., Egan, D., & Wassersug, R. (2004). Fluctuating asymmetry and low back pain. *Evolution and Human Behavior*, 25(1), 31–37. doi:10.1016/s1090-5138(03)00081-3

Blanco, F. (2005). Las proporciones divinas. *Cirugia Plastica*, 15, 8. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/cplast/cp-2005/cp052i.pdf>

Dane, S., Akar, S., Hacibeyoglu, I., & Varoglu, E. (2001). Differences between right-and Left-Femoral bone mineral densities in right-and left-handed men and women. *International Journal of Neuroscience*, 111(3-4), 187–192. doi:10.3109/00207450108994230

Gutnik, B., Skurvydas, A., Zuoza, A., Zuoziene, I., Mickeviciene, D., Alekrinskis, A., & Nash, D. (2015). Evaluation of Bilateral Asymmetry Between Upper Limb Masses in Right-Handed Young Adults of Both Sexes. *Perceptual and Motor Skills*, 120(3), 804–815. <http://doi.org/10.2466/25.10.PMS.120v16x3>

Gümüstekin, K., Akar, S., Dane, S., Yildirim, M., & Seven, B. (2004). Handedness and bilateral femoral bone densities in men and women. *International Journal of Neuroscience*, 114(12), 1533–1547. doi:10.1080/00207450490509186

Hart, N. H., Nimphius, S., Spiteri, T., Cochrane, J. L., & Newton, R. U. (2015). Segmental Musculoskeletal Examinations using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): Positioning and Analysis Considerations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 620–626.

Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.

Krzykala, M. (2010). Dual Energy X-Ray Absorptiometry in Morphological Asymmetry Assessment among Field Hockey Players. *Journal of Human Kinetics*, 25(June), 77–84. <http://doi.org/10.2478/v10078-010-0034-1>

- Krzykala, M. (2012). Dxa as a Tool for the Assessment of Morphological Asymmetry in Athletes. <http://doi.org/10.5772/1114>
- Latarjet, M., & Liard, R. A. (2007). *Anatomia humana/ human anatomy* (4th ed.). United States: Editorial Medica Panamericana.
- Lorente, R. M., Azpeitia, J., Arévalo, N., Muñoz, A., García, J. M., & Gredilla, J. (2012). Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. *Radiología*, 54(5), 410–423. doi:10.1016/j.rx.2011.09.023
- Lucki, N. C., & Nicolay, C. W. (2007). Phenotypic plasticity and functional asymmetry in response to grip forces exerted by intercollegiate tennis players. *American Journal of Human Biology*, 19(4), 566–577. doi:10.1002/ajhb.20632
- Mcclanahan, B. S., Harmon-Clayton, K., Ward, K. D., Klesges, R. C., Vukadinovich, C. M., & Cantler, E. D. (2002). Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 586. doi:10.1519/1533-4287(2002)016<0586:stscob>2.0.co;2
- Moreira, O., Alonso-Aubin, D., Oliveira, C., Candia- Luján, R., & Paz, J. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal : una revisión actualizada de descripción , aplicación , ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 32(6), 387–394.
- Møller, A. P., & Swaddle, J. P. (1997). *Asymmetry, developmental stability, and evolution*. New York: Oxford University Press.
- Nazarian, A. B., Khayambashi, K., & Rahnema, N. (2010). Dominant and non-dominant leg bone mineral density in professional soccer players and non-athlete subjects. *WJSS*, 3(1), 28-32.
- Nana, A., Slater, G. J., Stewart, A. D., & Burke, L. M. (2015). Methodology review: Using dual-energy x-ray Absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(2), 198–215. doi:10.1123/ijsnem.2013-0228
- Patiño, F. (2015). *Relación entre la masa muscular, la densidad mineral ósea, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular en personas mayores*. Universidad de

León. (Tesis Doctoral)

Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Olmedillas, H., Serrano-Sanchez, J. A., & Calbet, J. A. L. (2010). Bone and lean mass inter-arm asymmetries in young male tennis players depend on training frequency. *European Journal of Applied Physiology*, *110*(1), 83–90. doi:10.1007/s00421-010-1470-2

Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Vicente-Rodríguez, G., Milutinovic, L., Garces, G. L., & Calbet, J. A. L. (2004). Inter-arm asymmetry in bone mineral content and bone area in postmenopausal recreational tennis players. *Maturitas*, *48*(3), 289–298. doi:10.1016/j.maturitas.2004.03.008

Silva, A. M., Minderico, C. S., Teixeira, P. J., Pietrobelli, A., & Sardinha, L. B. (2006). Body fat measurement in adolescent athletes: Multicompartment molecular model comparison. *European Journal of Clinical Nutrition*, *60*(8), 955–964. doi:10.1038/sj.ejcn.1602405

Stergioulas, A., Papaloucas, M., Papaloucas, C., & Tripolitsioti, A. (2008). The asymmetry in length between right and left Humerus in humans. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *11*(21), 2509–2512. doi:10.3923/pjbs.2008.2509.2512

Taaffe, D. R., Lewis, B., & Marcus, R. (1994). Quantifying the effect of hand preference on upper limb bone mineral and soft tissue composition in young and elderly women by dual-energy x-ray absorptiometry. *Clinical Physiology*, *14*(4), 393–404. doi:10.1111/j.1475-097x.1994.tb00398.x

Wroński, S., & Kaleta, M. (2000). Differences in the mineral density of lower limb bone tissue in a healthy population sample. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja*, *3*(3), 345-349.