



XVII Simposio CEA de Control Inteligente

27-29 de junio de 2022, León



Sistema automático para recomendación de ejercicios personalizados en la atención del cáncer de mama mediante tecnologías móviles y aprendizaje automático.

Moreno, S.^a, Banos, O.^a, Pomares, H.^a, Damas, M.^{a,*}

^a *Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Granada, C/Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n, 18014, Granada, España.*

To cite this article: Moreno, S., Banos, O., Pomares, H., Damas, M. 2022. A tom ti s stem or person lised e er ise re ommend tion in re st n er re sing mo ile te nologies nd tom ti le rning. XVII Simposio CEA de Control Inteligente.

Resumen

Aliviar las secuelas del cáncer en general, y en particular del cáncer de mama, es uno de los mayores retos de nuestros tiempos, y precisamente el ejercicio terapéutico se plantea como una solución para paliar los efectos secundarios del cáncer y su tratamiento a corto y largo plazo. No obstante, para que las intervenciones del ejercicio físico sean más efectivas estas deben estar adaptadas a cada paciente según sus capacidades y necesidades de entrenamiento específicas. Dicha adaptación al entrenamiento utilizando tecnologías de salud móvil (mSalud) ya se ha llevado a cabo con éxito en entornos deportivos, y en este trabajo se plantea una aproximación similar para pacientes con cáncer de mama, donde se pretende ajustar de forma individual las dosis de entrenamiento a las necesidades de cada paciente. Para ello, se ha diseñado y desarrollado un sistema completo de mSalud que ha permitido extraer un conjunto de datos longitudinal con mediciones de la carga del ejercicio de pacientes de cáncer de mama. A partir de dichos datos se están utilizando técnicas de ciencia de datos y aprendizaje automático para extraer los diferentes estados de recuperación de las pacientes a lo largo de una intervención en ejercicio físico, lo cual nos permitirá plantear un sistema de ayuda a la toma de decisiones para prescribir dosis individualizadas de ejercicio terapéutico.

Palabras clave: cáncer de mama, mSalud, ejercicio terapéutico, ciencia de datos, sistema de ayuda a la toma de decisiones.

Automatic system for personalised exercise recommendation in breast cancer care using mobile technologies and machine learning

Abstract

Alleviating the sequelae of cancer in general, and breast cancer in particular, is one of the greatest challenges of our times, and therapeutic exercise is precisely one solution to alleviate the side effects of cancer and its treatment in the short and long term. However, in order to make exercise interventions more effective, they must be adapted to each patient according to their specific training needs and abilities. Such adaptation to training using mobile health technologies (mHealth) has already been successfully carried out in sports settings, and this work proposes a similar approach for breast cancer patients, where the aim is to individually adjust the training doses to the needs of each patient. To this end, a complete mHealth system has been designed and developed to extract a longitudinal dataset of exercise load measurements from breast cancer patients. To leverage these data, data science and machine learning techniques are being used to extract the different states of recovery of patients throughout a physical exercise intervention, which will allow us to propose a decision support system to prescribe individualized doses of therapeutic exercise.

Keywords: breast cancer, mHealth, therapeutic exercise, data science, decision-support system.

1. Introducción

El ejercicio terapéutico (ET) plantea un medio para paliar los efectos secundarios a corto y largo plazo del cáncer y su tratamiento (Ballard-Barbash et al., 2012; Schmid & Leitzmann, 2014). Sin embargo, la personalización de las intervenciones del ET todavía presenta un desafío. Las estrategias de personalización que se utilizan normalmente en las intervenciones del ET a menudo se basan en el autocontrol de los pacientes y se adhieren a las pautas de recomendación de ejercicios (Campbell et al., 2019). Esto da como resultado la asignación de la misma cantidad de prescripción de ejercicio para cada paciente.

Las tecnologías móviles aplicadas a la salud (mSalud) pueden mejorar la personalización del ET al proporcionar datos objetivos, comparables y cuantificables sobre la salud y el desempeño de cada paciente durante la intervención (Kelly & Shahrokni, 2016; Beg et al., 2017).

La carga de entrenamiento interna (CEI) es el estrés fisiológico y psicológico individual y relativo que sienten los pacientes debido al entrenamiento y al resto de actividades de su vida diaria (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014). El control de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y el bienestar autoinformado se utilizan normalmente como medidas de CEI para controlar la adaptación al entrenamiento (Buchheit, 2014; Hooper & Mackinnon, 1995).

En este trabajo se presenta un enfoque de agrupamiento para estudiar la adaptación al entrenamiento de pacientes con cáncer de mama durante la intervención del ET, con el objetivo de identificar los perfiles de recuperación de los pacientes y poder plantear un sistema automático de recomendación de ejercicios terapéuticos personalizados, tal como se muestra en la figura 1.

2. Materiales y métodos

2.1. Conjunto de datos

Se han recolectado datos de CEI de 23 pacientes con cáncer de mama durante la intervención del ET, obteniendo el conjunto de datos ATOPE+Breast, que está disponible en abierto para la comunidad científica en Zenodo (Moreno-Gutiérrez et al., 2022). Los datos de CEI se recopilaban utilizando el sistema ATOPE+ mHealth (Moreno-Gutiérrez et al., 2021).

Los datos de CEI consisten en medidas de bienestar autoinformado (recuperación, angustia, fatiga, satisfacción del sueño) y VFC (en el dominio de tiempo y la frecuencia). Los pacientes registraron su CEI todas las mañanas en las mismas condiciones de medición para evaluar sus necesidades de entrenamiento. Además, el conjunto de datos ATOPE+Breast incluye datos de actividad física (AF) y sueño de un Fitbit Inspire HR, así como anotaciones manuales de las sesiones de ejercicio (ver figura 2).

2.2. Análisis de los datos

Se ha usado principalmente el algoritmo de k-medias para extraer los grupos que permiten observar las diferentes preparaciones a la hora de realizar ejercicio terapéutico para cada participante en todas las medidas diarias.

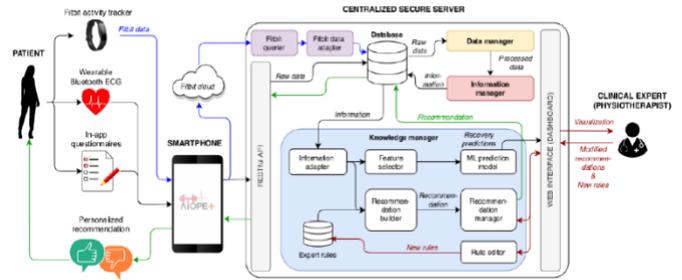


Figura 1: Arquitectura del sistema completo diseñado (en azul módulos aún en desarrollo).

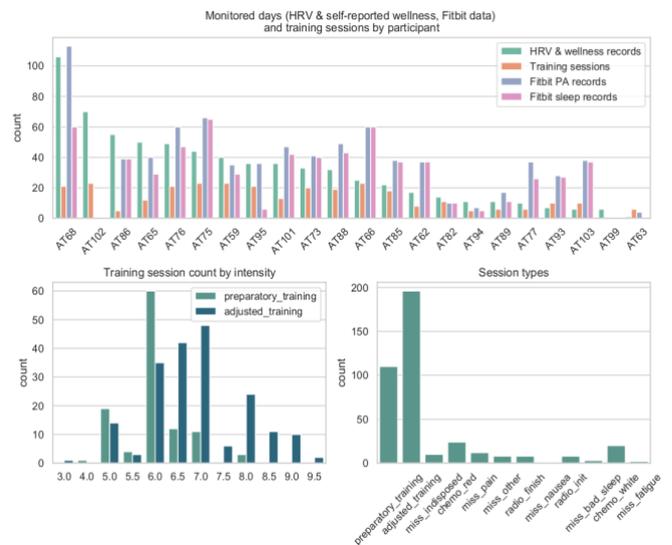


Figura 2: Descripción del conjunto de datos ATOPE+Breast.

Las características se limpiaron y preprocesaron eliminando los valores atípicos y transformándolas en distribuciones similares a las normales mediante transformaciones logarítmicas y de potencia.

Se ha utilizado el logaritmo de la raíz cuadrada de la media de las diferencias de la suma de los cuadrados (LnRMSSD) como referencia principal para la selección de características durante el análisis de correlación y el modelado, debido a que es el estándar de facto para monitorear la adaptación al entrenamiento (Buchheit, 2014).

3. Resultados

La figura 3 presenta los resultados de la agrupación para las características de VFC seleccionadas y k=4. Según el criterio de los expertos médicos durante el análisis, los grupos encontrados pueden interpretarse de la siguiente manera:

- Grupo 0 (azul): buen estado general y recuperación del estrés fisiológico reciente.
- Grupo 1 (naranja): mal estado general, así como estrés fisiológico reciente y acumulado.
- Grupo 2 (verde): estado general regular y estrés fisiológico reciente.
- Grupo 3 (rojo): estado general regular y estrés fisiológico acumulado.

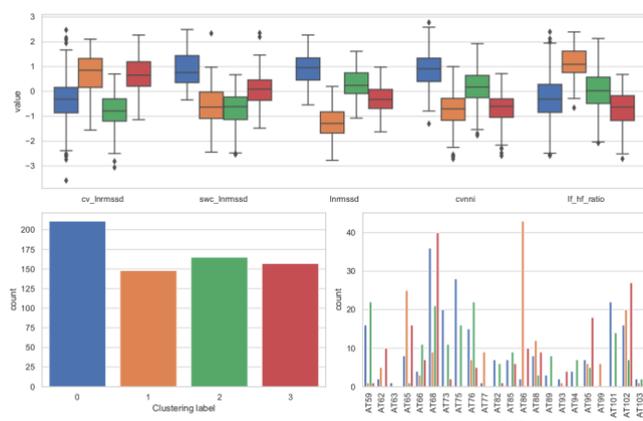


Figura 3: Agrupamiento con K-medias para las características de VFC seleccionadas ($k=4$).

La figura 4 presenta los resultados de la agrupación para las características autoinformadas y $k=3$. De acuerdo con el criterio de los expertos médicos durante el análisis, los grupos encontrados pueden interpretarse de la siguiente manera:

- Grupo 0 (azul): bienestar regular autodeclarado.
- Grupo 1 (naranja): bienestar autodeclarado malo.
- Grupo 2 (verde): bienestar autodeclarado bueno.

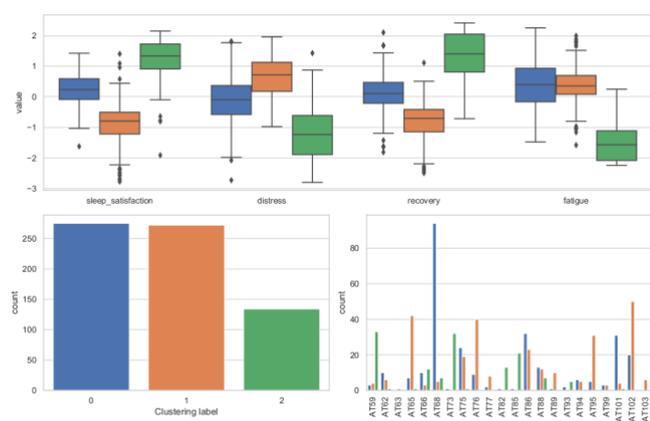


Figura 4: Agrupamiento con K-medias para las características de bienestar autoinformadas seleccionadas ($k=3$).

Los distintos grupos encontrados en los resultados casan con los distintos estados de adaptación al entrenamiento encontrados en la literatura (Buchheit et al., 2014). Teniendo en cuenta estos grupos y usando técnicas de aprendizaje automática se puede construir un sistema de ayudar a la toma de decisiones para los expertos, tal como se ha indicado en la figura 1 y en el que estamos trabajando actualmente.

4. Conclusión

En este trabajo se ha presentado un análisis para la identificación de perfiles de recuperación en pacientes con cáncer de mama durante el ejercicio terapéutico, utilizando para ello los datos recolectados por un sistema de m-salud (ATOPE+) desarrollado previamente por nuestro equipo. Los grupos encontrados utilizando técnicas de ciencia de datos pueden ayudar a la toma de decisiones diaria en la prescripción

de dosis de entrenamiento personalizadas al estar adecuadas al estado de la paciente. El código desarrollado hasta ahora está disponible para la comunidad científica en GitHub (<https://github.com/salvador-moreno/atope-breast-clustering-analysis>).

La inclusión de modelos de predicción y evaluación del riesgo asistirían mejor a los expertos a la hora de prescribir ejercicio. Además, una estrategia de aprendizaje por refuerzo podría terminar de ayudar a la individualización del ejercicio tras una definición exhaustiva de las métricas a optimizar durante una intervención de ejercicio terapéutico.

La metodología presentada aquí podría utilizarse también en otras poblaciones, como pacientes con otros tipos de cáncer u otras condiciones de tipo crónico, como cardiovasculares o neurológicas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado parcialmente gracias al apoyo del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte a través del programa de Formación de Profesorado Universitario (FPU16/04201); los fondos de investigación del Instituto de Salud Carlos III (PI18/01840M); y el Ministerio de Educación, Ciencia y Universidades (PGC2018-098813-B-C31 y RTI2018-101674-B-I00).

Referencias

- Ballard-Barbash, R., Friedenreich, C. M., Courneya, K. S., Siddiqi, S. M., McTiernan, A., & Alfano, C. M. (2012). Physical Activity, Biomarkers, and Disease Outcomes in Cancer Survivors: A Systematic Review. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 104(11), 815–840.
- Beg, M. S., Gupta, A., Stewart, T., & Rethorst, C. D. (2017). Promise of Wearable Physical Activity Monitors in Oncology Practice. *Journal of Oncology Practice*, 13(2), 82–89.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2161–S2170.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome. *Frontiers in physiology*, 5, 73.
- Campbell, K. L., Winters-Stone, K. M., Wiskemann, J., May, A. M., Schwartz, A. L., Courneya, K. S., Schmitz, K. H. (2019). Exercise Guidelines for Cancer Survivors: Consensus Statement from International Multidisciplinary Roundtable. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(11), 2375–2390.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44 Suppl 2, S139–S147.
- Hooper, S. L. & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Recommendations. Sports Medicine*, 20(5), 321–327.
- Kelly, C. M. & Shahrokni, A. (2016). Moving beyond Karnofsky and ECOG Performance Status Assessments with New Technologies. *Journal of Oncology*, 2016, 1–13.
- Moreno-Gutiérrez, S., Postigo-Martín, P., Damas, M., Pomares, H., Banos, O., Arroyo-Morales, M., & Cantarero-Villanueva, I. (2021). ATOPE+: An mHealth System to Support Personalized Therapeutic Exercise Interventions in Patients With Cancer. *IEEE Access*, 9, 16878–16898. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049398>
- Moreno-Gutiérrez, S., Postigo-Martín, P., Damas, M., Banos, O., Pomares, H., Arroyo-Morales, M., & Cantarero-Villanueva, I. (2022). ATOPE+Breast, Continuous Monitoring of Training Load in Patients with Breast Cancer during Therapeutic Exercise Intervention. Zenodo, Dataset. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6322773>
- Schmid, D. & Leitzmann, M. F. (2014). Association between physical activity and mortality among breast cancer and colorectal cancer survivors: A systematic review and metaanalysis. *Annals of Oncology*, 25(7), 1293–1311.