

ARTÍCULO ORIGINAL

El *feedback* en la actividad física: Gestión de la información a través de un sistema de razonamiento basado en casos con acelerómetro como instrumento de medida

Vicente Romo Pérez

vicente@uvigo.es

Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte. Pontevedra
Universidade de Vigo

Juan Carlos Burguillo Rial

Escola Técnica Superior de Telecomunicación. Vigo
Universidade de Vigo

Eduardo Rodríguez Fernández

Escola Técnica Superior de Telecomunicación. Vigo
Universidade de Vigo

Javier García Nuñez

Universidade de Vigo

RESUMEN: El uso de las nuevas tecnologías y la miniaturización de componentes electrónicos permite el desarrollo de sistemas, basados en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), con capacidades de inteligencia artificial para procesar la información proporcionada por dispositivos como acelerómetros y así supervisar al usuario de forma similar a como lo haría un entrenador. En este artículo se presenta una arquitectura compuesta por un sistema de Razonamiento Basado en Casos (CBR, *Case-based Reasoning*), combinada con acelerómetros, como instrumentos para la recogida de datos. Esta arquitectura puede ser usada para supervisar, informar y alertar al usuario de la actividad física realizada (*feedback* CR) o de cómo éste ejecuta los ejercicios (*feedback* CE). Además, con este sistema se puede programar la actividad física (*feedforward*) de forma barata, desde el punto de vista económico; y de forma eficiente, en relación al análisis de los parámetros implicados en la supervisión.

PALABRAS CLAVE: Feedback, Rezonamiento Basado en Casos, TIC, acelerómetro.

ABSTRACT: The use of new technologies and component miniaturization in electronics allow the development of systems based on Information and Communication Technologies (ICT) enhanced artificial intelligence capabilities to process the information provided by external devices, like accelerometers, to supervise the user in a similar way as a trainer could do. In this article we present an architecture composed by a Case-based Reasoning (CBR) engine combined with accelerometers as measuring devices for obtaining data. This architecture may be used to supervise, inform and alert the user about the physical activity performed (*feedback* CR) or about how physical exercises are executed (*feedback* CE). Besides, with this system it is possible to suggest new physical activities (*feedforward*) in a cheap way, concerning an economic point of view; and in efficiently way, concerning the analysis of the parameters implied with the supervision.

KEYWORDS: Feedback, Case-based Reasoning, TIC, accelerometer.

Fecha de recepción 03/03/2009 · Fecha de aceptación 08/04/2009

Correspondencia : Vicente Romo Pérez

vicente@uvigo.es

Universidade de Vigo

España

1. INTRODUCCIÓN

El control de la información tiene un gran protagonismo en los procesos de aprendizaje y gestión de las habilidades motrices (Oña, Martínez, Moreno y Ruíz, 1999). Siguiendo los modelos denominados servosistemas, durante la actividad física, el sujeto utiliza el *feedback* para conocer el error y comparar lo que quiere hacer con lo que realmente hace. El disponer de un *feedback* adecuado puede mejorar notablemente el aprendizaje de tareas complejas, además de favorecer el entrenamiento. El *feedback* se puede desencadenar durante la acción o después de la acción, y en los dos casos se puede subdividir en intrínseco y extrínseco (Schmidt, 1988).

El *feedback* intrínseco, es de tipo propioceptivo o interoceptivo fundamentalmente, aunque también puede ser exteroceptivo. Este tipo de *feedback* intrínseco se canaliza a través de receptores como los husos neuromusculares de Golgi, o los mecanorreceptores articulares en el caso del propioceptivo, y en el caso del exteroceptivo intervienen, fundamentalmente, los fotoreceptores de las estructuras oculares.

El *feedback* extrínseco supone todo tipo de información que el sujeto recibe gestionada del exterior que le informa de cómo está o ha ejecutado una determinada tarea o acción (Oña y otros, 1999). Las principales fuentes de información son: el profesor/entrenador, los compañeros, los medios audiovisuales y los instrumentos de medición, entre los que se encuentran los acelerómetros. Este tipo de *feedback* puede ser clasificado en conocimiento de la ejecución (CE) y conocimiento de los resultados (CR), en relación al resultado de la ejecución de la habilidad o en relación con la consecución del objetivo de la habilidad (Magill, 2003).

El uso de acelerómetros para medir y evaluar la cantidad de actividad física está ampliamente difundido y ha experimentado un gran crecimiento, pasando de 18 referencias en la base de datos Medline, en el período 1991-1995 a 100 publicaciones en los últimos tres años (Romo, Burguillo, Rodríguez, Gil y García, 2009). Sin embargo, las referencias sobre el uso de acelerómetros para el estudio del *feedback*, son escasas, 11 referencias en la base de datos Sportdiscus. El acelerómetro puede informar de forma efectiva sobre la cantidad de actividad física

(Brandon, Ross, Sanford y Lloyd, 2004) expresada en las variaciones de aceleración del centro de gravedad e indirectamente calcula el gasto energético, por lo tanto es un instrumento adecuado para aportar información sobre el conocimiento de los resultados (CR). Varios estudios constatan la importancia del *feedback* como elemento que incentiva la práctica de actividad física y mantiene la motivación durante la actividad física (Pieron, 1999). Por tanto el *feedback* CR a través de acelerómetros incrementa el nivel de práctica de actividad física (Roemmich, Gurgol y Epstein, 2004). Otros autores como Paschali, Goodrick, Kalanzi-Azizi, Papadatou, y Balasubramanyam (2005) sugieren que la información no mejora la adhesión al ejercicio. El propio autor cuestiona los resultados de este estudio, debido a la dimensión de la muestra.

El acelerómetro también es adecuado para reportar información sobre el CE, puesto que en este tipo de *feedback*, aunque es más fácil obtenerlo de forma extrínseca, este aparato es muy útil para evaluar aceleraciones segmentarias como es el caso de la aceleración de la muñeca en un jugador de golf, o aceleraciones globales como puede ser un velocista para ver como progresa en los 10 primeros metros. Existen estudios en que este instrumento presenta niveles altos de eficacia por ejemplo a la hora de medir la aceleración de una haltera (Sato, Smith y Sands, 2009).

El sujeto puede no ser consciente o no tener los conocimientos necesarios para interpretar el CE, por lo que el profesor/entrenador es el actor más capacitado para esta función. Sin embargo si el CE se refiere exclusivamente a la variable "Intensidad durante la acción", el acelerómetro puede resultar útil para aportar esta información (Van-Vliet y Wul, 2006).

En la actualidad, el acelerómetro continua teniendo potencial como instrumento de investigación, se está perfeccionando y miniaturizando. Se combinan con otro instrumental, por ejemplo, aparatos que evalúan el movimiento ocular (Lai, Charry, Begg y Palaniswami, 2008). También se utilizan para validar cuestionarios relacionados con la evaluación de la actividad física (Wong, Leatherdale y Manske, 2006) así como para establecer niveles de actividad física (Riddoch y otros, 2004) o la evaluación de la caídas (Lee, Y. y Lee, M., 2008) y, también su relación con la pérdida de peso (Jerome, Young, Laferriere, Chuhe y Vollmer, 2009) o con distintas patologías. La evolución de estas herramientas se ha desarrollado en dos sentidos: por un lado, reduciendo el tamaño del acelerómetro y, por otro lado, incrementando sus

prestaciones. Los más elementales, detectan la aceleración en un solo eje, y los más sofisticados, los triaxiales, detectan aceleraciones en cualquier dirección y sentido del espacio. Estos datos permiten calcular el gasto energético, teniendo en cuenta la talla, peso, sexo y edad de los sujetos.

Las actitudes hipo cinéticas necesitan medidas de promoción de la actividad física (Spanier, Marshall y Faulkner, 2006), el *feedback* extrínseco tiene un efecto de motivación, sobre todo si el refuerzo es positivo (McCaughan y McKinlay, 1981). Incrementa los niveles de activación y motivación hacia la tarea (Oña y otros, 1999; Martínez, 1994), por lo que el desarrollo de sistemas de medida de la actividad física podría ser útil para conseguir este objetivo. Así, se han desarrollado sistemas como los podómetros, que son baratos y fáciles de usar, pero que presentan problemas de precisión (Foster, Lanningham-Foster y Manohar, 2005).

En muchos casos el sujeto no es capaz de interpretar la información que aporta el acelerómetro y no es conveniente que se prescriba a sí mismo actividad física, dado que la prescripción de actividad física debe ser realizada por un profesional. En actividades como puede ser el “*walking*”, en la mayoría de los casos no se dispone de un profesor.

Gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías y la miniaturización de los sistemas, una opción podría ser el desarrollo de un sistema electrónico, dotado de una programación basada en Inteligencia Artificial (IA) que procesara la información aportada por el acelerómetro para administrársela al sujeto tal como hace un entrenador o profesor, dado que estos sistemas tienen un alto grado de objetividad. No ocurre lo mismo con los profesores, puesto que estos tienen distintos grados de formación y experiencia (Tan, 1996). En el caso del CR a través de un *feedback* extrínseco el acelerómetro, unido a la tecnología *Smartphone*, puede ser un instrumento muy útil para incrementar el nivel de actividad física (Hurling y otros, 2007) y para prescribirla, dado que aporta información sobre la cantidad de actividad física que realiza un sujeto. Esta información puede ser aportada directamente al usuario a través del propio sistema después de ser analizada por un sistema inteligente, o bien tratado por un especialista en actividad física que aporte periódicamente información significativa para el usuario, apoyándose en el sistema CBR. El sistema, que se propone, se basa en el Razonamiento Basado

en Casos (CBR, Case-based Reasoning), siendo el elemento que recoge la información un acelerómetro. En este artículo se trata, por tanto, de describir la arquitectura del sistema CBR, su interacción con acelerómetros y su utilidad para aportar información al usuario CR.

2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En la Figura 1 podemos ver la arquitectura del sistema que está formada por:

- Un acelerómetro que se coloca en la cintura del usuario.

- Un teléfono móvil de última generación (*smartphone*) utilizado para procesar los datos recogidos del acelerómetro y enviarlos al servidor. El *smartphone* tiene un sistema de razonamiento basado en casos (CBR, Case-based Reasoning), un sistema de alarmas y un sistema de geolocalización útil tanto en interiores como exteriores.

- Un servidor donde almacenar y clasificar los datos registrados.

El funcionamiento normal del sistema es el siguiente. El acelerómetro del usuario registra los valores de aceleración en cada uno de los tres ejes a una tasa de muestreo predefinida. Estos datos se envían al *smartphone* mediante un sistema de RF. Dichos datos son analizados en el sistema CBR, que generará avisos al usuario en función de su actividad a lo largo del día. Al finalizar la jornada, el *smartphone* enviará al servidor todos los datos registrados durante la misma a través de una conexión GPRS o inalámbrica. En el servidor se almacena la información de todos los sujetos que estén siendo monitorizados por el sistema. Estos datos podrían ser analizados por un especialista en actividad física que podrá informar directamente a través del *smartphone* de cada usuario. En este caso el usuario tendría un *feedback* CR, donde se informaría de la cantidad de actividad física que tendría que realizar, con lo cual el usuario no solamente tendría un *feedback* sobre el error, sino también un *feedforward* que le informa sobre las pautas que debe seguir para minorar ese error (cantidad de actividad física realizada). El *Feedback* en el que describe el error es menos efectivo que el *feedback* en el que además de describir el error se aporta información de cómo se corrige (Kernodle y Carlton, 1992).

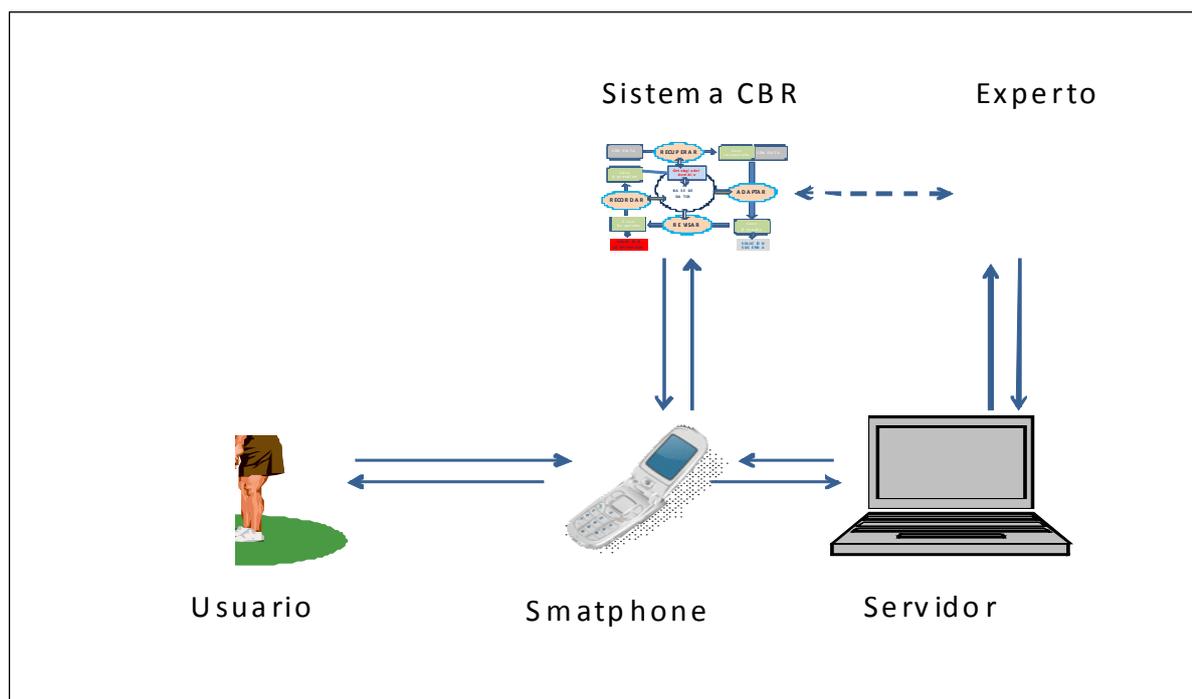


Figura 1. Arquitectura del sistema

3. RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS

Moreno, Oña, Martínez y García (1998), hace años, sugirieron que la utilización de soportes lógicos específicos tienen posibilidades para el entrenamiento de la conducta motora. Estos sistemas aportan datos precisos y de esta forma se minimiza el error. Y desde hace años se proponen sistemas automáticos para la mejora del comportamiento motor (Cárdenas y Oña, 1997; Oña, Martínez y Moreno, 1994; Oña, Martínez, Serra y Arellano, 1994). Nosotros proponemos un sistema de razonamiento basado en casos (en adelante CBR, Case-based Reasoning), el cual es un paradigma de inteligencia artificial (Aamodt y Plaza, 1994) que toma como premisa que un problema nuevo, por lo general, es similar a uno ya acontecido (caso previo), de forma que una solución exitosa adoptada previamente, será válida por lo general para resolver el problema presente.

Un sistema CBR necesita una base de conocimiento donde se almacenan los casos previos conocidos. Estos casos consisten en una parte de problemas y una parte de soluciones. La parte de problemas incluye un conjunto de atributos en los que se define el caso y a través de los cuales se determina la estructura de la base de datos. Estos atributos pueden tener diferentes formatos y muestran información acerca de la especificación del problema y acerca de su entorno. La información

almacenada en los atributos puede variar en función del contexto y de las metas del sistema. Estos deben describir los objetivos y las características del caso, así como las relaciones necesarias entre ellos para alcanzar los objetivos del sistema. La parte de la solución consiste en un conjunto de líneas que deben seguirse para afrontar el problema y/o indicaciones de los pasos seguidos para derivar la solución dada. El formato y la estructura de la parte de soluciones también ha de ser variado. A mayores, la parte de soluciones también puede incorporar indicaciones acerca del porcentaje de éxito obtenido tras aplicar la solución propuesta.

El otro pilar en el que se sustenta este modelo es un ciclo de razonamiento compuesto por cuatro fases: recopilación, reutilización, revisión y retención (ver Figura 2). El ciclo comienza con la definición de un nuevo caso, que se compara con los almacenados en la base de datos durante la fase de recopilación. Una vez el sistema ha determinado qué casos son los más similares, el sistema reutiliza la información obtenida en dichos casos para generar una nueva solución adaptada al caso actual. Llegados a este punto es necesario indicar que generar una solución no significa que dicha solución sea la óptima ni tan siquiera la adecuada. Incluso soluciones que han tenido éxito en el pasado pueden ser inadecuadas para la situación actual.

Por ello, la solución generada debe pasar por una fase de revisión. Por último, una vez la nueva solución está construida, el sistema debe

decidir si ésta aporta un nuevo conocimiento relevante de cara al futuro. En caso de ser así, éste ha de ser almacenado convenientemente en la base de datos. Este procedimiento se desarrolla en la fase final de retención.

de casos mayor significa soluciones más específicas y de mejor calidad.

* Proporciona un método para detectar errores del pasado y evitarlos en el futuro. Dado que las soluciones de los casos pueden ser clasificadas y que se almacenan los pasos seguidos para llegar a

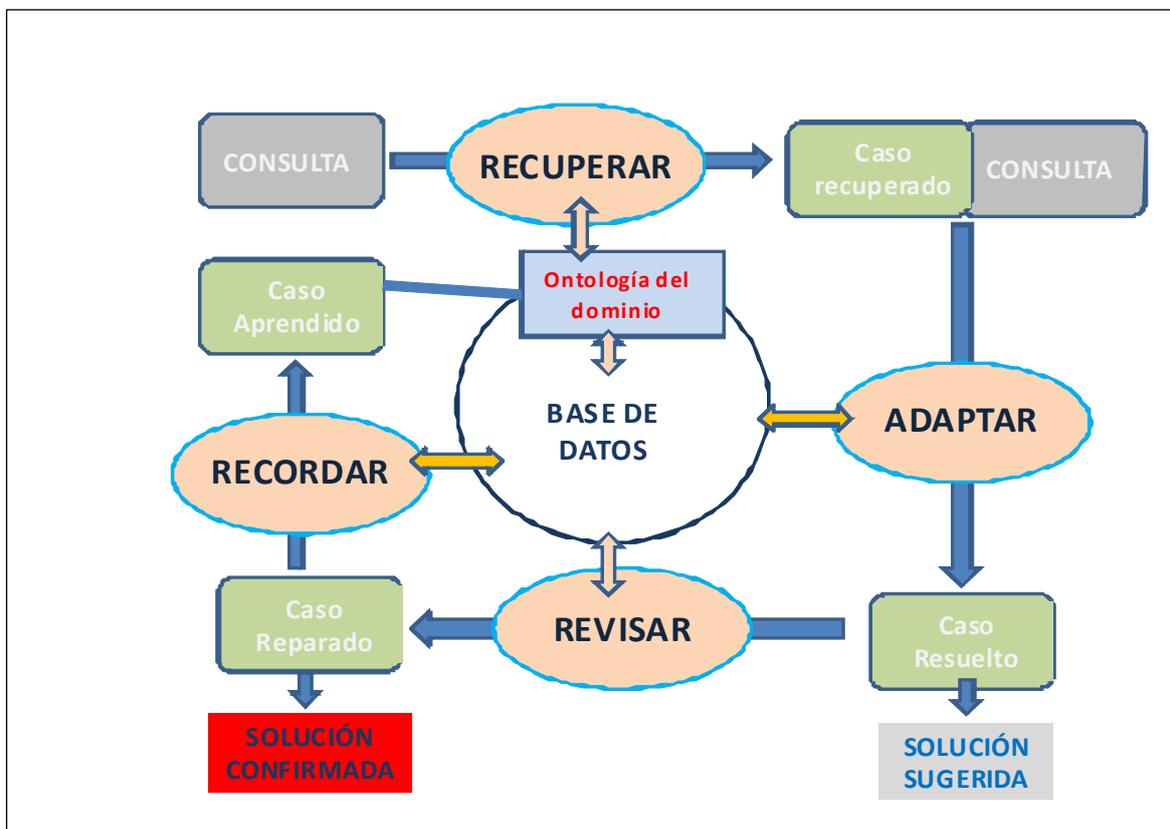


Figura 2. Ciclo CBR

CBR tiene ciertas ventajas sobre otros paradigmas de conocimiento, por ejemplo: El dominio del conocimiento se basa en experiencias pasadas por lo que el sistema puede encontrar soluciones incluso sin tener un conocimiento completo del dominio, o incluso si el problema está parcialmente definido.

Refleja el razonamiento humano, lo que simplifica la comprensión de las soluciones propuestas así como el camino seguido para llegar a ellas.

Adquirir nuevo conocimiento es sencillo y consume poco tiempo porque ese conocimiento está incrustado en los propios casos y en sus soluciones.

La cantidad de casos aumenta con el uso. A medida que el sistema adapta viejas soluciones se van añadiendo otras a la base de casos. Y una base

ellas el sistema puede determinar las razones por las que ha fallado y evitarlo en el futuro.

Permite al sistema hacer predicciones acerca del éxito de una solución propuesta. El sistema almacena el grado de éxito de soluciones previas y puede establecer comparaciones entre el éxito obtenido y el esperado.

Las soluciones se crean en un tiempo reducido ya que no se tienen que elaborar desde cero. Tan sólo es necesario adaptar soluciones previas.

El sistema CBR también se puede ejecutar en el *smartphone* y se utiliza para, a partir de la cantidad de movimiento registrada, proporcionar recomendaciones al usuario, basándose en su perfil: que descanse, que comience a ejercitarse, que se detenga, etc.

4. FUNCIONAMIENTO DEL ACELERÓMETRO

El acelerómetro es un dispositivo que registra aceleraciones y las fuerzas reactivas como

consecuencia de la fuerza de la gravedad. Son capaces de detectar la magnitud y la orientación del vector aceleración a partir de principios físicos básicos. Dichos principios determinan el tipo de acelerómetro así como su capacidad para medir en uno o varios ejes. Los usos más habituales de los acelerómetros son la detección de movimiento, vibraciones y/o golpes.

En los últimos años los acelerómetros han reducido su tamaño al mismo tiempo que se incrementan sus prestaciones y a pesar de los errores y limitaciones que presentan son un instrumento útil para registrar las aceleraciones del centro de masas.

El instrumento necesario para registrar el vector aceleración en cualquier dirección y sentido espacial es el acelerómetro triaxial de salida lineal. Este elemento puede ser encapsulado en un elemento pequeño y no intrusivo, como se puede ver en la Figura 3, lo que representa un peso despreciable que no obstaculiza ni limita prácticamente ningún tipo de actividad física. Como se ha comentado previamente, el acelerómetro registra valores de aceleración a una frecuencia de muestreo fija. A partir de los valores medidos se puede establecer durante qué periodo de tiempo el usuario ha estado en desplazamiento y durante cuál ha permanecido estático. Además, mediante la aceleración podemos detectar el nivel de intensidad del movimiento y a partir del número de pasos podemos obtener el gasto energético.



Figura 3. Acelerómetro triaxial con comunicaciones

El acelerómetro que aparece en la Figura 1 permite comunicarse por radiofrecuencia con un dispositivo externo para enviar o recibir datos. Este elemento consta de los siguientes circuitos integrados: control de carga de la batería LI-PO, el circuito LIS3LV02DL que permite medidas de aceleración triaxial con rangos de salida entre $\pm 2G$ o entre $\pm 6G$, un transceptor RF 2.4G para comunicaciones bidireccionales de hasta 2Mbits y un microcontrolador Atmel especial de bajo consumo

con 8K de flash, 1k de RAM, 512bytes de EEPROM. La gran ventaja del uso de microcontroladores en los acelerómetros es que son capaces de procesar la información antes de enviársela al *smartphone*. Esto permite hacer prefiltrados que ahorran cálculos posteriores y tiempo de comunicación, que es lo que más batería consume.

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado una arquitectura compuesta por un sistema de Razonamiento Basado en Casos (CBR, Case-based Reasoning), que combinada con acelerómetros como instrumentos para la recogida de datos, puede ser adecuada para supervisar, informar y alertar al usuario de la actividad física realizada (*feedback CR*) o de cómo ejecuta el movimiento (*feedback CE*). Con este sistema se puede programar la actividad física (*feedforward*) de una forma barata desde el punto de vista económico y eficiente en el análisis de los parámetros implicados en el proceso de seguimiento e información al usuario.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a José Carlos García Valladares su gran trabajo en la implementación del acelerómetro comentado en este artículo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aamodt, A. y Plaza, E. (1994). Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications* 7,1,39-52.
- Brandon, L.J., Ross, D. A., Sanford, J. A. y Lloyd, A. (2004). Predicting oxygen uptake in older adults using lower-limb accelerometer measures. *Journal of Rehabilitation Research y Development*, 41, 6, 861-869.
- Cárdenas, D. y Oña, A. (1997). The development and application of an Automatic System for the improvement of behavioral variables of the pass in basketball. *Journal of Human movement Studies*, 32, 94-122.
- Foster, R. C., Lanningham-Foster, L. M. y Manohar, C. (2005). Precision and accuracy of an ankleworn accelerometer-based pedometer in step counting and energy expenditure. *Preventive Medicine*, 41(3-4), 778-83.
- Hurling, R., Catt, M., Boni, M.D., Fairley, B.W., Hurst, T., Murray, P., Richardson, A. y Sodhi, J.S. (2007). Using internet and mobile phone

- technology to deliver an automated physical activity program: randomized controlled trial. *Journal of Medicine Internet Research*, 9, 2, 7.
- Jerome, G.J., Young, D.R., Laferriere, D., Chuhe, C. y Vollmer, W.M. (2009). Reliability of RT3 Accelerometers among Overweight and Obese Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 1, 110.
- Kernodle, M.W. y Carlton, L.G. (1992). Information feedback end the learning of multiple-degree-of-freedom activities. *Journal of Motor Behavior*, 24, 187-196.
- Lai, D.T., Charry, E., Begg, R. y Palaniswami, M.A. (2008). Prototype wireless inertial-sensing device for measuring toe clearance. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 1, 4899-4902
- Lee, Y. y Lee, M. (2008). Accelerometer sensor module and fall detection monitoring system based on wireless sensor network for e-health applications. *Telemedicine journal and e-health*, 14, 6, 587-592
- Magill, R.A. (2003). *Motor learning and control: Concepts and applications*. New York: McGraw-Hill.
- Martínez, M. (1994). *Incidencia del control de la información a través de un sistema automatizado sobre los parámetros de la respuesta de reacción. Aplicación a las salidas deportivas de velocidad*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada.
- McCaughan, L.R. y McKinlay, S. (1981). Effects of success/failure and extrinsic rewards on intrinsic motivation using a competitive motor task. *Research Quarterly for Exercise y Sport*, 52, 208-215.
- Moreno, F.J., Oña, A., Martínez, M. y García, F. (1998) Un sistema de simulación como alternativa en el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas. *Motricidad*, 4, 75-95.
- Oña, A., Martínez, M. y Moreno, F. (1994) Descripción de un sistema informatizado de procesamiento automático para la optimización del rendimiento deportivo basado en el control de la información. *Motricidad*, 1, 57-69.
- Ona, A., Martínez, M., Moreno, F., Serra, E. y Arellano, R. (1994). Descripción de un sistema computerizado de registro y control de la información temporal aplicado al deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 11, 42, 163-171.
- Oña, A., Martínez, M. Moreno, F. y Ruíz, L.M. (1999). *Control y aprendizaje motor*. Madrid: Síntesis.
- Paschali, A., Goodrick, G. K., Kalanzi-Azizi, A., Papadatou, D. y Balasubramanyam, A. (2005). Accelerometer feedback to promote physical activity in adults with type 2 diabetes: a pilot study. *Perceptual & Motor Skills*, 41, 6, 61-68.
- Pieron, M. (1999). *Para una enseñanza eficaz de las actividades físico*. INDE: Barcelona.
- Riddoch, C.J., Andersen, L.B., Wedderkopp, N., Harro, M., Klasson-Heggebo, L., Sardinha, L.B., Cooper, A.R. y Ekelund, U. (2004). Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 1, 86-92.
- Roemmich, J.N., Gurgol, C.M. y Epstein, L.H. (2004). Open-loop feedback increases physical activity of youth. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 4, 668-73.
- Romo, V., Burguillo, J.C., Rodríguez, E., Gil, F. y García, J.C. (2009). Control de la actividad física en personas mayores: Una arquitectura inteligente para el seguimiento y la monitorización. En P. Montiel, A. Merino, A. Sánchez y A. Heredia, F. Salinas (Eds), *III Congreso Internacional de Actividad Físico Deportiva para Mayores* (pp. 49-59). Málaga: Universidad de Málaga.
- Sato, K., Smith, S.L. y Sands, W.A. (2009). Validation of an accelerometer for measuring sport performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1, 341-347.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Spanier, P. A., Marshall, S. J. y Faulkner, G. E. (2006). Tackling the obesity pandemic: a call for sedentary behaviour research. *Canadian Journal of Public Health*, 97,3, 255-262.
- Tan, S.K.S. (1996). Differences Between Experienced and Inexperienced Physical Education Teachers' Augmented Feedback and Interactive Teaching Decisions. *Journal of Teaching in Physical Education*, 15, 2, 151-171.
- Van-Vliet, P. y Wulf, G. (2006). Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence?. *Disability and Rehabilitation*, 28, 13-14.
- Wong, S.L., Leatherdale, S.T. y Manske, S. R. (2006). Reliability and Validity of a School-Based Physical Activity Questionnaire. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 9, 1.593-1.600.