SOFTWARE PROTOTYPE FOR THE DEVELOPMENT OF "LOW COST" DEVICES FOR MEASURING VERTICAL JUMP IN SMARTPHONES

Alfonso-Cendón, Javier; Fernández Robles, Laura; Castejón-Limas, Manuel; García López, Juan; Medina, Gabriel
Universidad de León

The vertical jump is a test widely used in sports to evaluate the power or explosive strength of the lower extremities. There are several methods of vertical jump that relate to athletic performance in disciplines where strength and power is important, such as soccer, volleyball, etc. The objective of this project was to develop a software prototype that allows the construction of "Low Cost" devices for measuring vertical jump in sport by using the built in accelerometer SmartPhones as hardware device to record the flight time and subsequent validation with direct methods based on "Data Integration force-time". To fulfil these objectives, the project has been developed using techniques based on the PMBOK (Project Management Body of Knowledge) from PMI (Project Management Institute) and the guidelines of good practice of prototyping methodologies.

Keywords: Software prototype; vertical jump; smartphones; low cost; PMBOK

PROTOTIPO SOFTWARE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS “LOW COST” PARA MEDIR EL SALTO VERTICAL EN SMARTPHONES

El salto vertical es un test muy utilizado en el ámbito deportivo para evaluar la potencia o fuerza explosiva de las extremidades inferiores. Existen varias modalidades de salto vertical que se relacionan con el rendimiento deportivo en disciplinas donde la fuerza y potencia es importante, como el fútbol, el voleibol, etc. El objetivo de este proyecto ha sido desarrollar un prototipo software, que permita la construcción de dispositivos “Low Cost” para medir el salto vertical en el ámbito deportivo, mediante la utilización del acelerómetro integrado en SmartPhones tipo iPhone como dispositivo hardware para registrar el tiempo de vuelo y su posterior validación con métodos directos basados en "Integración de datos fuerza-tiempo". Para el cumplimiento de estos objetivos el proyecto se ha desarrollado utilizando metodologías basadas en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) del PMI (Project Management Institute) y en las guías de buenas prácticas de desarrollo de prototipos.

Palabras clave: Prototipo software; salto vertical; smartphones; bajo coste; PMBOK

Correspondencia: Laura Fernández Robles - l.fernandez@unileon.es

1. Introducción

El salto vertical es un test muy utilizado en el ámbito deportivo para evaluar la potencia o fuerza explosiva de las extremidades inferiores (Mok, Petushek y Krosshaug, 2016). Existen varias modalidades de salto vertical (con/sin brazos libres, con/sin impulso previo de carrera, etc.) que se relacionan con el rendimiento deportivo en disciplinas donde la fuerza y potencia es importante (ej. voleibol, fútbol, etc.). La Figura 1 muestra un deportista practicando salto vertical con brazos libres sin impulso previo de carrera.

Figura 1. Deportista practicando Salto Vertical.

Los preparadores físicos y entrenadores necesitan, por lo tanto, entrenar esas cualidades de sus deportistas, y valorar cómo van evolucionando a lo largo de una temporada. Además, la correcta medición del tiempo y fuerza del salto vertical permite analizar otros factores importantes para una optimización y mejor calidad del deporte. Gheller et al. (2015) demostraron que el ángulo de posicionamiento de la rodilla al comienzo del salto influye en la altura y movimiento del salto vertical. Dingenen et al. (2015) probaron que el estudio del salto vertical puede ayudar a identificar posibles lesiones sin contacto de rodilla. Zhang et al. (2015) demostraron que la compresión del metatarso puede considerarse como una estrategia para mejorar el salto vertical. La valoración de la capacidad de salto puede realizarse utilizando diferentes métodos, que pueden agruparse en 3 grandes categorías:

- Fotogrametría 3D, calculando la altura que se eleva el centro de gravedad (Atha, 1984).
- Integración de datos fuerza-tiempo, utilizando plataformas o sensores de fuerza sobre los que salta el ejecutante (Schuster y Jones, 2016).
- Medición del tiempo de vuelo, aplicando una serie de ecuaciones de los cuerpos en caída libre, si se controla una correcta ejecución técnica del despegue y aterrizaje en el suelo, puede obtenerse la altura de salto a partir del tiempo de vuelo (Quagliarella, 2006).

Sin duda alguna, el método "Medición del tiempo de vuelo" es el más utilizado en el ámbito del entrenamiento deportivo, ya que necesita de materiales menos sofisticados, su manejo es más fácil y el coste es menor. Además, este método ha demostrado su fiabilidad y validez para los objetivos que pretende.

Históricamente se han diseñado diferentes dispositivos para medir el tiempo de vuelo durante el salto vertical. Los primeros fueron plataformas de contacto de tipo mecánico, que consistían en circuitos eléctricos de muy baja tensión (3-6 V) sobre los que se colocaba el ejecutante, detectando si existía o no tiempo de vuelo. La principal ventaja de los mismos era su correspondencia con otros métodos más precisos (ej. b-Integración de datos fuerza-tiempo), pero sus principales inconvenientes eran el mantenimiento de los circuitos, que se deterioraban, así como la dependencia de la altura saltada y características de los sujetos (ej. masa corporal) a la hora de influir en el tiempo que se tardaba en cerrar el circuito.

Para solucionar estos problemas, recientemente se han implementado circuitos optoeléctricos, con un fundamento similar, pero que no necesitan accionar mecánicamente ningún dispositivo, de forma que la altura del salto no depende de ninguno de los factores mencionados, y se puede registrar muy bien con los mismos.

El principal problema de los circuitos optoeléctricos es que siguen teniendo un coste relativamente elevado (entre 2000-3000 €), que resulta prohibitivo para algunos sectores del entrenamiento deportivo (ej. deportistas en formación, clubes modestos...). Mahmoud et al. (2015) presentaron el dispositivo VERT que permite monitorizar el salto vertical durante el juego, sin embargo, la batería sólo dura 30 minutos. Una alternativa a los circuitos optoelécticos podría ser el uso de acelerómetros que se colocan en la cintura de los deportistas, registrando el tiempo de vuelo y, a partir de él, obteniendo la altura de salto. Sin embargo, estos acelerómetros tienen un coste similar, no suponiendo ninguna ventaja respecto a los circuitos optoeléctricos.

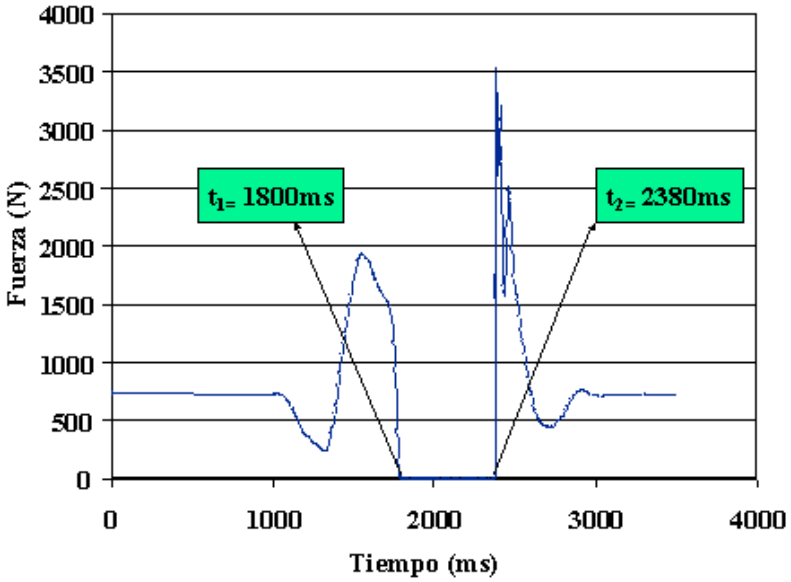
Por ese motivo el desarrollo de un prototipo software que permita desarrollar dispositivos “Low Cost” adquiere una relevancia muy importante en el ámbito deportivo.

2. Objetivos

El objetivo de este proyecto ha sido desarrollar un prototipo software, que permita la construcción de dispositivos “Low Cost” para medir el salto vertical en el ámbito deportivo, mediante la utilización del acelerómetro integrado en Smartphones del tipo iPhone 4-5 como dispositivo hardware para registrar el tiempo de vuelo y su posterior validación con métodos directos basados en "Integración de datos fuerza-tiempo".

La Figura 2 muestra un gráfico de la fuerza con respecto del tiempo durante un caso de un salto vertical.

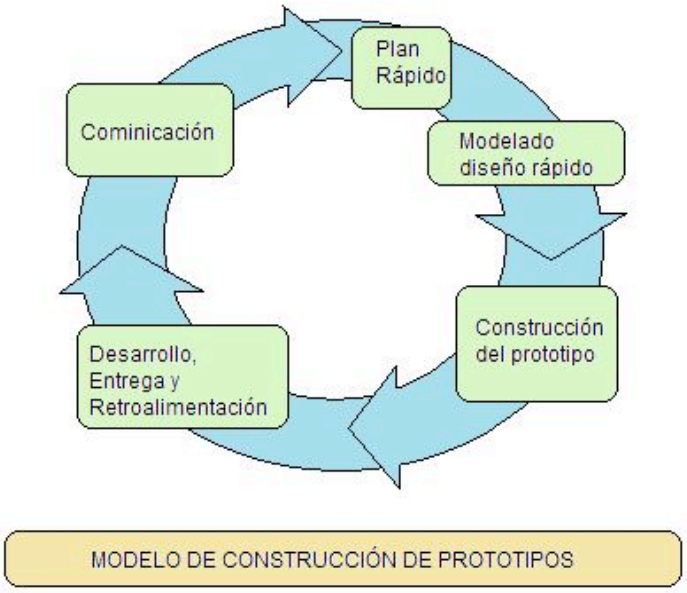
Figura 2. Curva Fuerza-Tiempo de un Salto Vertical.



3. Metodología

Para el cumplimiento de estos objetivos el proyecto se ha desarrollado utilizando metodologías basadas en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) (2013) del PMI (Project Management Institute) y en las guías de buenas prácticas de desarrollo de prototipos (2012). A continuación se detallan las fases de la metodología adoptada cuyo esquema puede verse en la Figura 3.

Figura 3. Modelo de construcción de prototipos.

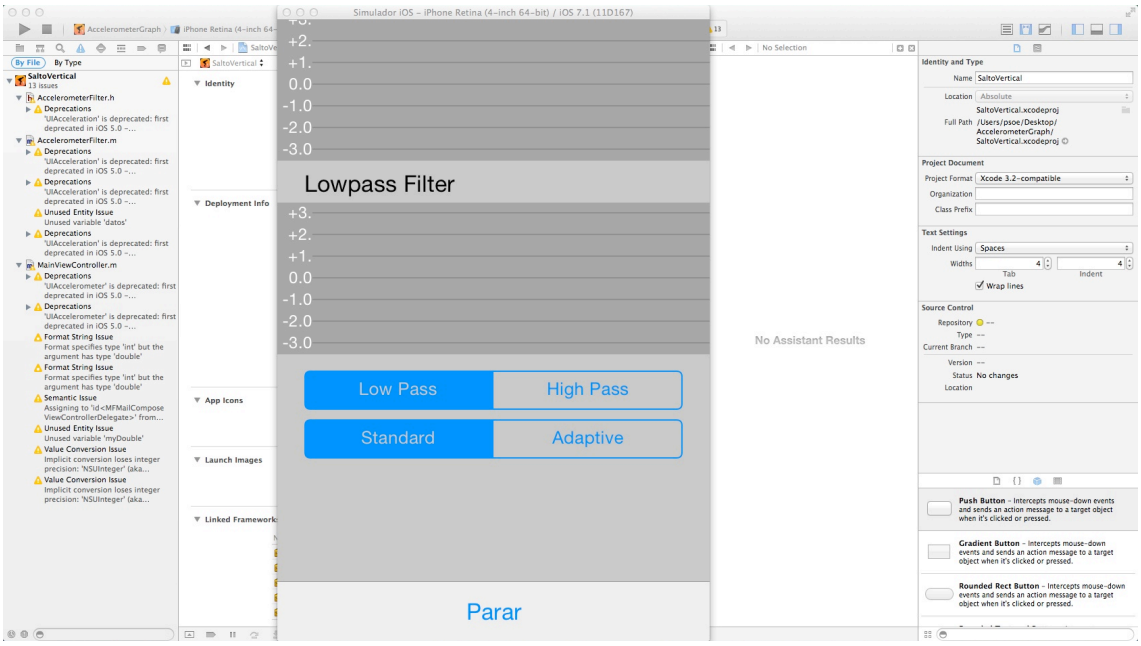


- **Fase 1. Definición de especificaciones**. Esta primera fase tuvo por objeto auditar toda la información relativa a la idea del desarrollo del prototipo, para determinar y justificar la necesidad del mismo. A continuación se realizó un análisis previo con el fin de establecer la amplitud y el calendario del proyecto, estimándose el esfuerzo necesario y el tiempo de desarrollo, e identificando los procesos involucrados en el mismo. (Completado al 80 %). A continuación se construyó el prototipo inicial, construyéndose macro-modelos de actividad para cada uno de los procesos identificados en la actividad anterior. La intención es disponer de la información necesaria para recabar la aprobación para comenzar el desarrollo. Como final de esta fase, y de todas las demás fases, se emitió un informe del estado del proyecto.
- **Fase 2. Diseño conceptual**. El objetivo de esta fase fue construir un modelo de información que refleje el esquema conceptual del prototipo. Se realizaron entrevistas a los usuarios finales, y se estudió y diseñó el primer prototipo operativo, determinando sus puntos fuertes, y sus puntos débiles, documentando todas sus funcionalidades. En esta fase también se prepararon los planes de implantación, formación y pruebas, y se desarrollará tanto el manual de usuario, como el manual técnico.
- **Fase 3. Desarrollo del prototipo**. El objetivo de esta fase fue construir un primer prototipo operativo de la aplicación. Esta fase a su vez estuvo formada por otras dos fases: una fase de desarrollo técnico, y otra de desarrollo de documentación asociada. Al final de esta fase se dispuso de un prototipo totalmente funcional y operativo, que fue sometido a múltiples pruebas en la siguiente fase para comprobar su validez.
- **Fase 4**. **Pruebas de usuario**. En esta fase se realizaron todas las pruebas necesarias para validar el prototipo desarrollado en la fase anterior..
- **Fase 5**. **Implantación**. En esta fase se ejecutó un mini proyecto piloto en el que usuarios finales pudieron probar las funcionalidades del prototipo en un entorno real.
- **Fase 6**. **Auditoría y seguimiento**. Se realizó una auditoría del rendimiento y de la calidad de la aplicación, determinando los mecanismos necesarios para realizar modificaciones, y labores de mantenimiento en la aplicación.

4. Especificaciones técnicas

El prototipo software para la construcción de dispositivos “Low Cost” para medir el salto vertical en SmartPhones ha sido implementado utilizando el entorno de desarrollo Xcode, bajo plataforma Mac OS. En su codificación se ha utilizado el lenguaje de programación orientado a objetos Objective-C. La Figura 4 meustra el ambiente de desarrollo integrado (IDE – Integrated Development Environment) con Xcode.

Figura 4. IDE de desarrollo Xcode.



El presente prototipo está dedicado a la plataforma Apple, concretamente a dispositivos iPhone, pero su arquitectura esta desacoplada de tal modo que el desarrollo de la aplicación en cualquier otra plataforma sería rápida, ágil y limpia, siendo tan solo necesario desarrollar un UI dedicado a cada cliente conectando el mismo mediante su controlador, al modelo de datos, convirtiendo así la aplicación en nativa y ganando eficacia y rendimiento frente a aplicaciones Cross-Platform que se cargan con funcionalidades dedicadas en todas sus plataformas.

4.1 Lenguajes de programación

Tal y como se señaló anteriormente el prototipo ha sido desarrollando utilizando uno de los lenguajes de programación más ágiles para terminales móviles, Objective-C.

Objective-C es un lenguaje de programación orientado a objetos creado como un súper-conjunto de C para que implementase un modelo de objetos parecido al de Smalltalk. Originalmente fue creado por Brad Cox y la corporación StepStone en 1980. En 1988 fue adoptado como lenguaje de programación de NEXTSTEP y en 1992 fue liberado bajo licencia GPL para el compilador GCC. Actualmente se usa como lenguaje principal de programación en Mac OS X, iOS y GNUstep.

El modelo de programación orientada a objetos de Objective-C se basa en enviar mensajes a instancias de objetos. Esto es diferente al modelo de programación al estilo de Simula, utilizado por C++ y ésta distinción es semánticamente importante. En Objective-C uno no llama a un método; uno envía un mensaje, y la diferencia entre ambos conceptos radica en cómo el código referido por el nombre del mensaje o método es ejecutado.

En un lenguaje al estilo Simula, el nombre del método es en la mayoría de los casos atado a una sección de código en la clase objetivo por el compilador, pero en Smalltalk y Objective-C, el mensaje sigue siendo simplemente un nombre, y es resuelto en tiempo de ejecución: el objeto receptor tiene la tarea de interpretar por sí mismo el mensaje. Una consecuencia de

esto es que el mensaje del sistema que pasa no tiene chequeo de tipo: el objeto al cual es dirigido el mensaje (conocido como receptor) no está inherentemente garantizado a responder a un mensaje, y si no lo hace, simplemente lo ignora y retorna un puntero nulo.

4.2 Arquitectura

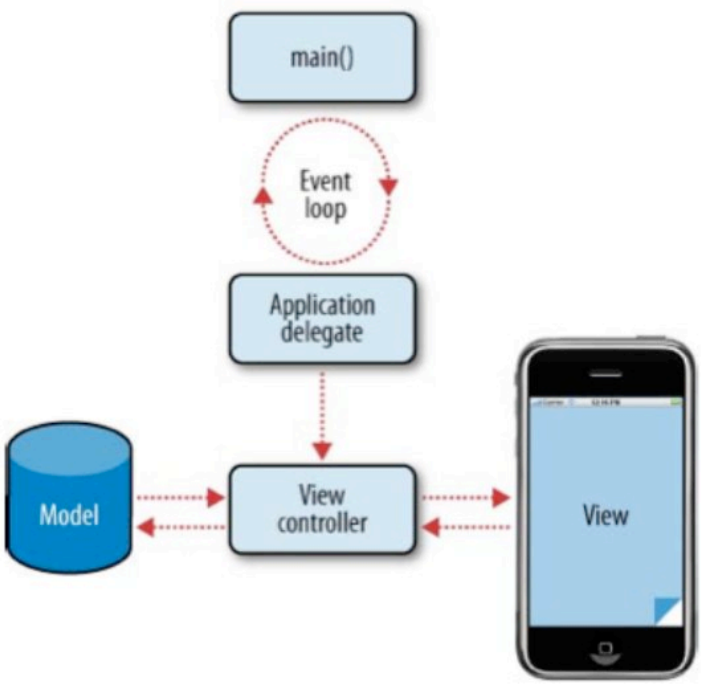
Desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles es muy distinto al desarrollo de aplicaciones de escritorio pese a que pueda resultar muy similar, sin embargo pensar que el desarrollo móvil pueda ser semejante al web es acertado ya que ambos dos comparten la misma base de arquitectura que componen tanto una aplicación web como una móvil, se trata del patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC).

MVC es un patrón o modelo de abstracción de desarrollo de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de negocio en tres componentes distintos.

El patrón de llamada y retorno MVC se ve frecuentemente en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El modelo es el Sistema de Gestión de Base de Datos y la Lógica de negocio, y el controlador es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista.

El esquema de la arquitectura del prototipo puede verse en la Figura 5.

Figura 5: Arquitectura del prototipo.



5. Análisis básico sobre las posibilidades de explotación del prototipo

Los sectores de aplicabilidad de este prototipo son principalmente empresas e instituciones dedicadas al entrenamiento de deportistas de élite y centros de alto rendimiento deportivo, para evaluar la potencia o fuerza explosiva de las extremidades inferiores, así como cualquier otro usuario que quiera mejorar su rendimiento deportivo.

Por este motivo el modelo de negocio propuesto está basado en la venta de la aplicación a través de las tiendas de aplicaciones online de los dos principales vendedores de teléfonos a nivel mundial, por un lado el AppStore de Apple (iOS) y por otro el Play de Google (Android). Se ha considerado que el mejor precio de salida al mercado sería de 0,89€.

Para su difusión inicial sería necesario realizar una importante inversión en publicidad y marketing para intentar dar a conocer lo más rápidamente posible la aplicación.

Por este motivo se ha considerado como una importante oportunidad de negocio el crear una “Spin Off” de la Universidad de León para poder desarrollar el modelo de negocio propuesto anteriormente.

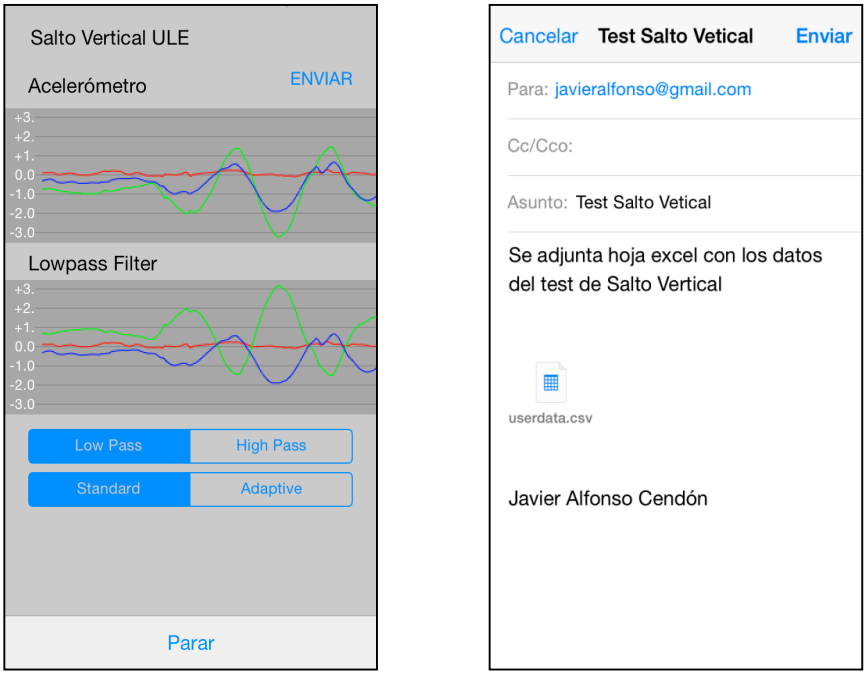
Para finalizar, destacar que este análisis básico de las posibilidades de explotación de este prototipo puede ser un buen punto de partida a la hora de abordar el desarrollo de un completo plan de empresa.

6. Manual de usuario.

A continuación se incluye un pequeño manual de usuario que permitirá ejecutar el prototipo desarrollado. Destacar que el funcionamiento de la aplicación es totalmente intuitivo por lo que su curva de aprendizaje es muy efectiva. La Figura 6 muestra dos capturas de pantalla del prototipo creado.

1. Descargar la aplicación al Smartphone. En esta primera versión solo estará disponible para plataformas iPhone, por lo tanto dicha descarga se realizará a través del AppStore.
2. Ejecutar la aplicación, una vez instalada en el dispositivo móvil.
3. Colocar el dispositivo móvil a la altura de la L5-S1, ya que en esa zona se encuentra el punto más representativo del centro gravedad del cuerpo humano.
4. Realizar el salto vertical.
5. Hacer “clic” en el botón “Parar” y después en el botón “Enviar”, lo que permitirá enviar los resultados para su posterior procesamiento a través de correo electrónico.
6. Procesamiento de los resultados.

Figura 6. Captura de pantalla del prototipo.



Conclusiones

En este artículo se ha presentado el desarrollo de un prototipo software, que permite la construcción de dispositivos “Low Cost” para medir el salto vertical en el ámbito deportivo, mediante la utilización del acelerómetro integrado en SmartPhones tipo iPhone como dispositivo hardware para registrar el tiempo de vuelo. El modelo ha sido satisfactoriamente validado con métodos directos basados en "Integración de datos fuerza-tiempo". Las metodologías basadas en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) del PMI (Project Management Institute) y en las guías de buenas prácticas de desarrollo de prototipos han facilitado el correcto desarrollo del prototipo propuesto.

Referencias

Atha, J. (1984). Current techniques for measuring motion. *Applied Ergonomics, 15(4)*, 245-257. ISSN 0003-6870. DOI: 10.1016/0003-6870(84)90197-2.

Dingenen, B., Malfait, B., Nijs, S., Peers, K., Vereecken, S., Verschueren, S. & Staes, F. (2015). Can two-dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study, Clinical Biomechanics, 30(8), (pp. 781-787). ISSN 0268-0033. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2015.06.013.

Gheller, R., Pupo, J., Ache-Dias, J., Detanico, D., Padulo, J. & dos Santos, S. (2015). Effect of different knee starting angles on intersegmental coordination and performance in vertical jumps. *Human Movement Science, 42*, 71-80. ISSN 0167-9457. DOI: 10.1016/j.humov.2015.04.010.

Mahmoud, I., Othman, A., Abdelrasoul, E., Stergiou, P. & Katz, L. (2015). The Reliability of a Real Time Wearable Sensing Device to Measure Vertical Jump. Procedia Engineering, 112, 467-472, ISSN 1877-7058, DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.226.

Mok, K.M., Petushek, E. & Krosshaug, T. (2016). Reliability of knee biomechanics during a vertical drop jump in elite female athletes. *Gait & Posture, 46*, 173-178. ISSN 0966-6362. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.03.003.

Project Management Institute. (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). Newtown Square, Pa: Project Management Institute.

Quagliarella, L., Sasanelli, N., Belgiovine, G. & Cutrone, N. (2006). Flying time evaluation in standing vertical jump by measurement of ankle accelerations. *Gait & Posture, 24(1)*, S56-S57. ISSN 0966-6362. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2006.09.073.

Ramírez, R., Ariza, R., Casanoba, M., Flores, F., Herrero, P., Oneto, F., Paterson, F., Siro, J. & Vigna, A. (2012). Guía de buenas prácticas de diseño. Herramientas para la gestión del diseño y desarrollo de productos. San Martín : Inst. Nacional de Tecnología Industrial – INTI. ISBN 978-950-532-175-9

Schuster, D., Jones, P. (2016). Relationships between unilateral horizontal and vertical drop jumps and 20 metre sprint performance. *Physical Therapy in Sport. Available online 2 March 2016*. ISSN 1466-853X. DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.02.007.

Zhang, Y., Baker, J., Ren, X., Feng, N., Gu, Y. (2015). Metatarsal strapping tightness effect to vertical jump performance. *Human Movement Science, 41*, 255-264. ISSN 0167-9457. DOI: 10.1016/j.humov.2015.03.013.