

Diferencias de carga externa de entrenamiento en ejercicios de baloncesto por medio de acelerometría.

External training load differences in basketball drills by means of accelerometry.

Rendón Beltran, Alexis Alejandro¹, Rentería Moreno, José Rodolfo¹, Ramírez-Siqueiros, María Grethe¹, Hernández-Cruz, Germán² y González-Fimbres, Roberto Andrés¹

¹Licenciatura en Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal de Sonora, Ley Federal del Trabajo S/N, Colonia Apolo. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83100.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Organización Deportiva, Cd. Universitaria, s/n, San Nicolás de los Garza, N.L., México, C.P. 66455.

CORRESPONDENCIA

González-Fimbres, Roberto Andrés:

roberto.gonzalez@ues.mx

Licenciatura en Entrenamiento Deportivo,
Universidad Estatal de Sonora.

CÓMO CITAR

Rendón, A. A., Rentería, J. R., Ramírez, M. G., Hernández, G. & González, R. A. (2019). Diferencias de carga externa de entrenamiento en ejercicios de baloncesto por medio de acelerometría. *Revista de Ciencias del Ejercicio*, 14 (2), pp. 1-8. Recuperado de: <http://revistafod.uanl.mx>

RESUMEN

Objetivo: Verificar diferencias individuales y de equipo de carga externa por acelerometría en distintos ejercicios de entrenamiento de baloncesto. Metodología: En el estudio participaron 11 jugadores de baloncesto universitarios (Edad 22 ± 4 años). Durante dos sesiones de entrenamiento con actividades específicas de baloncesto se midió la carga externa por medio de la ecuación de la "Carga del jugador" utilizando como instrumentos acelerómetros triaxiales (ActiGraph GT3X+; ActiGraph LLC, Pensacola, Florida). Resultados: Se encontraron diferencias significativas en valores de "Carga del jugador" entre los ejercicios ($X^2 = 69.86$, $p < .01$), así como diferencias ($p < .01$) entre los sujetos de estudio. Conclusiones: Los acelerómetros triaxiales tienen la capacidad de diferenciar la carga externa que se ejecuta en los distintos ejercicios de una sesión de entrenamiento de baloncesto. Los jugadores que participan de manera simultánea en un ejercicio determinado arrojan valores de carga externa diferenciados.

Palabras clave: Basquetbol, acelerómetro, deportes de equipo.

ABSTRACT

Objective: Verify individual and team differences in external training load by accelerometer at diverse basketball training exercises. Methodology: Eleven college basketball players participated in the study (Age 22 ± 4 years). During two separate training sessions of specific basketball activities, external training load was measured by "Player's Load" equation using triaxial accelerometers (ActiGraph GT3X+; ActiGraph LLC, Pensacola, Florida) as instruments. Results: significant differences were found in "Player's Load" values between exercises ($X^2 = 69.86$, $p < .01$) and inter-subjects ($p < .01$). Conclusions: Triaxial accelerometers are capable of differentiate external training load between exercises during a basketball training session. Players simultaneously participating in one exercise can exert different external training load values.

Key words: basketball, accelerometer, team sports.

El baloncesto moderno es un deporte dinámico de contacto, en el que los atletas requieren una combinación de poder, velocidad, agilidad, resistencia y habilidades específicas (Ben Abdelkrim, Chaouachi, Chamari, Chtara, & Castagna, 2010). El juego impone demandas fisiológicas diferenciadas de acuerdo a la posición en el campo; los guardias tienen mayor demanda de VO₂max (63.4 ± 2.7 ml/min/kg) que los delanteros y centros ($45.2 \pm 1.6 - 44.8 \pm 1.7$ ml/min/kg) respectivamente (Cormery, Marcil, & Bouvard, 2008). (Narazaki, Berg, Stergiou, & Chen, 2009). Se ha reportado que en un juego de baloncesto el 15% del tiempo se dedica a actividades de muy alta intensidad; el resto (85%) en actividades de intensidad media y baja, por lo que el sistema aeróbico juega un papel importante en el aporte energético para poder sostener esfuerzos de muy alta intensidad de manera repetida (Cormery et al., 2008). El baloncesto se considera un deporte de carga intermitente, ya que durante juegos y entrenamientos se intercalan acciones de alta, media y baja intensidad, presentando un gran número de cambios de dirección, saltos, caminatas, así como sprints lineales y cortos con o sin balón (Conte, Favero, Niederhausen, Capranica, & Tessitore, 2015). La intermitencia del deporte fue confirmada por un análisis de tiempo movimiento realizado en una simulación de partido oficial en baloncesto universitario en EUA, tanto en hombres como mujeres, donde se observaron periodos de actividad alternados con periodos de descanso. El baloncesto es un deporte de alta intensidad, ya que se realizan de 24 a 26 movimientos por minuto y con una frecuencia de cambio de movimiento de cada dos segundos

(Klusemann, Pyne, Hopkins, & Drinkwater, 2013). Por lo anterior, los datos sugieren que la práctica del baloncesto es una actividad con esfuerzos de alta intensidad intercalados con periodos de descanso que imponen una importante demanda fisiológica al organismo, tanto en los sistemas energéticos aeróbicos como anaeróbicos.

Desde el punto de vista del entrenador, es importante dar seguimiento a las cargas de trabajo, las cuales pueden estudiarse desde la perspectiva interna o externa. La carga externa es la cantidad de actividad que hacen los deportistas, mientras que la carga interna es el efecto que esta actividad tiene en el organismo (Scanlan, Wen, Tucker, & Dalbo, 2014). Desde la perspectiva de la carga interna se ha propuesto métodos para su cuantificación de carácter perceptual con instrumentos de escalas subjetivas (Herman, Foster, Maher, Mikat, & Porcari, 2006) y fisiológicos basados en registros de frecuencia cardiaca (Manzi et al., 2010). Sin embargo, por la naturaleza intermitente del baloncesto, la cuantificación de la carga externa se dificulta.

Para solucionar el problema de la cuantificación de carga externa en deportes de conjunto de carácter intermitente se han propuesto métodos basados en dispositivos con sistema de posicionamiento global (Global Positioning System, GPS) y en análisis de tiempo movimiento (Time Motion Analysis, TMA) basado en videgrabaciones (Abdelkrim, Castagna, Jabri, et al., 2010; Abdelkrim, Castagna, Fazaa, & Atl, 2010; Hulin, Gabbett, Kearney, & Corvo, 2014; Jennings, Cormack, Coutts, & Aughey, 2012).

Sin embargo, se ha demostrado que el GPS pierde precisión en el análisis de deportes que se jueguen en interiores y en espacios reducidos (Varley, Fairweather, & Aughey, 2012) y el método de TMA presenta inconvenientes ya que el análisis requiere demasiado tiempo y no presenta datos de forma inmediata (Canovas, Arias, García, & Yuste, 2014). Por otra parte, parece ser que el método por acelerometría supera estas limitaciones, ofreciendo una alternativa viable para el análisis de carga externa.

Los acelerómetros triaxiales son dispositivos que detectan el movimiento en tres planos: medio-lateral, antero-posterior y superior-inferior (Trost, Mciver, & Pate, 2005). Es un dispositivo inteligente potencialmente útil para medir cargas físicas y fisiológicas, ya que detecta diferencias entre actividades ejecutadas durante los entrenamientos y juegos competitivos (Boyd, Ball, & Aughey, 2013). Dado que la actividad específica del baloncesto típicamente involucra el desplazamiento de cuerpo completo en todas direcciones, se ha encontrado que el modelo de carga del acelerómetro puede ser adecuado para monitorear el entrenamiento (Montgomery, Pyne, & Minahan, 2010). Esta herramienta nos ayuda a medir de manera simultánea la actividad física de varios jugadores en equipos deportivos (Boyd et al., 2013).

Los acelerómetros pueden proporcionar información sobre las exigencias físicas del baloncesto tanto en entrenamientos como en competencia (Boyd et al., 2013). Un estudio reciente nos dice que el entrenador de baloncesto puede utilizar el método de acelerometría para planificar ejercicios específicos

para satisfacer la carga de entrenamiento que se requiere de acuerdo a la etapa de preparación (Schelling & Torres, 2016). Se ha intentado utilizar acelerometría para diferenciar entre ejercicios ofensivos y defensivos en baloncesto. Hasta donde sabemos, no existen estudios que hayan intentado clasificar los distintos ejercicios que ocurren en el entrenamiento de baloncesto, por lo que nos planteamos el siguiente objetivo: Clasificar los distintos ejercicios de entrenamiento de baloncesto de acuerdo a los valores individuales y de equipo de carga externa medida por acelerometría.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

El tipo de alcance de la investigación es descriptivo de corte transversal. Se establecen diferencias de valores entre las distintas actividades de entrenamiento de baloncesto.

Muestra

La muestra se seleccionó de manera no probabilística por conveniencia, se incluyeron nueve sujetos pertenecientes a la selección de baloncesto de la Universidad Estatal de Sonora (Edad 22 ± 4 años). Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud del Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Nuevo León con Folio COBICIS-58/12/2017/02-FOD-BRRC Los procedimientos llevados a cabo fueron en apego a la Declaración del Helsinki.

Instrumentos

Para el levantamiento de datos se utilizaron acelerómetros triaxiales (ActiGraph GT3X+; ActiGraph LLC, Pensacola, Florida), el instrumento ha sido validado para la actividad física (Sasaki, John, & Freedson, 2011). El acelerómetro mide la aceleración en unidades g en los tres ejes corporales: longitudinal, antero-posterior y medio-lateral (x – y – z).

Procedimiento

Se le colocó el acelerómetro a los sujetos por medio de una banda especial a la altura de la quinta costilla de la caja torácica. La banda estaba fija para mayor precisión en el levantamiento de datos.

Se informó a los sujetos sobre el procedimiento del estudio y recomendaciones generales. Los acelerómetros fueron colocados previo a realizar el calentamiento inicial, y permanecieron puesto durante todas las actividades del entrenamiento.

Se diseñó un programa de actividades específicas de baloncesto a llevar a cabo durante la sesión de entrenamiento. Los ejercicios ejecutados fueron: Pase estacionario, pase en movimiento, tiro en suspensión, tiro en movimiento, carrera con cambios de dirección, carrera con arrancada explosiva, deslizamientos defensivos laterales, recuperaciones defensivas, saltos al tablero con dos piernas, saltos con una pierna, pivotes estacionarios y pivotes en movimiento. Se estableció un periodo de dos minutos de reposo absoluto entre cada actividad para la diferenciación de los datos al momento del análisis de los resultados.

Cada acelerómetro tiene un rango de salida de $\pm 6g$ y las muestras se recogen a un ritmo de 100 Hz. Los movimientos de cuerpo completo se determinan por el ritmo instantáneo acumulado de cambios de aceleración en tres planos de movimiento. La carga externa es entonces calculada utilizando un algoritmo determinado por la siguiente fórmula:

$$\text{Carga del jugador} = \sqrt{\left(\left[(a_{y1} - a_{y-1}) \right]^2 + \left[(a_{x1} - a_{x-1}) \right]^2 + \left[(a_{z1} - a_{z-1}) \right]^2 \right) / 100}$$

Donde: a_y = aceleración anteroposterior; a_x = aceleración mediolateral; y a_z = aceleración longitudinal.

Los datos de aceleraciones en unidades g de cada una de las sesiones de entrenamiento de los jugadores se registran en el dispositivo Actigraph. Posteriormente el dispositivo se conecta a un ordenador para la extracción de los datos por medio del Software Actilife (Pensacola, Florida, EU), el cual arroja los valores de carga externa por medio de la fórmula de "Carga del jugador".

Análisis estadísticos

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el software IBM SPSS Statistics versión 22. Por medio de la prueba de Shapiro-Wilk se comprobó que los datos no presentan una distribución normal. Se utilizaron las pruebas no paramétricas de ANOVA de dos vías de Friedman para muestras relacionadas para establecer diferencias entre los ejercicios y la prueba de ANOVA de un factor de Kruskal-Wallis para muestras independientes para establecer diferencias entre los sujetos.

Se hizo un post hoc de subconjuntos homogéneos para verificar los grupos que presentaban diferencias significativas en sus distribuciones.

Resultados

Se encontraron diferencias significativas en valores de "Carga del jugador" entre los ejercicios ($X^2 = 69.86$, $p < .01$), siendo la arrancada explosiva el de mayor valor de carga externa y el estacionario el que mostró la menor carga. La media y desviación estándar de la carga externa en cada uno de los tratamientos en orden ascendente se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1.

Valores de carga del jugador en unidades arbitrarias en orden ascendente de cada uno de los jugadores y en general entre los diferentes ejercicios.

También se encontraron diferencias significativas ($p < .01$) en "Carga del jugador" entre los sujetos de estudio (Figura 1).

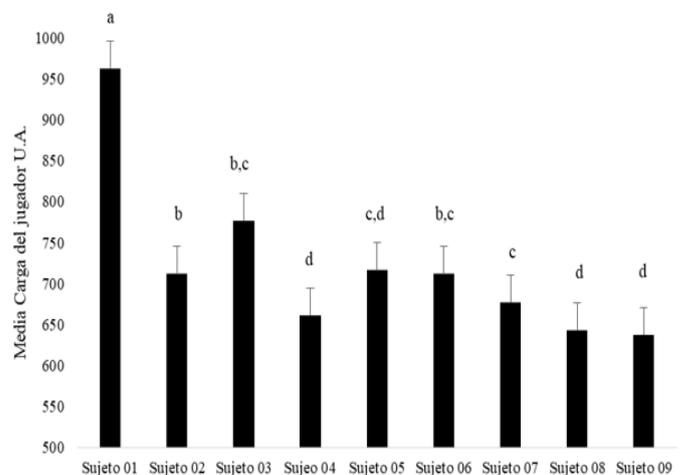


Figura 1. Medias de la carga del jugador por sujeto en unidades arbitrarias.

Nota.- Sujetos con letras iguales pertenecen al mismo subconjunto homogéneo.

Ejercicio	Sujetos									General
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	
Pase estacionario	696.38	521.22	522.07	527.71	498.05	536.80	414.24	470.75	282.10	496.59
Pivote en movimiento	607.19	714.30	601.07	467.48	474.27	671.30	519.53	461.91	413.83	547.88
Tiro en movimiento	829.04	518.30	589.42	487.85	573.68	624.68	591.56	575.22	497.86	587.51
Encajonar al rebote	780.21	590.86	726.35	569.60	458.50	734.78	463.45	513.26	475.37	590.26
Pase en movimiento	795.44	577.56	692.36	494.66	601.06	684.04	568.35	479.50	466.34	595.48
Cambios de dirección	735.90	531.21	607.32	465.56	682.99	588.64	706.20	574.07	545.57	604.16
Deslizamientos laterales	910.32	579.87	646.45	427.51	694.13	615.68	653.33	507.50	548.22	620.33
Cambios de velocidad	1045.01	552.36	746.66	597.02	590.60	759.73	697.99	581.23	443.74	668.26
Tiro estacionario	985.82	554.19	648.83	656.10	690.75	606.38	617.38	648.40	658.41	674.03
Recuperación defensiva	984.70	690.93	735.35	565.73	628.98	774.12	618.16	617.50	567.59	687.01
Tiro en suspensión	1011.21	757.73	695.54	639.30	578.15	727.30	629.47	689.97	598.29	703.00
Pivote estacionario	939.51	819.64	666.90	619.02	869.53	766.79	736.28	680.33	755.84	761.54
Deslizamiento zig-zag	987.14	795.66	870.97	749.60	793.16	901.67	799.00	693.45	749.77	815.60
Salto una pierna	1229.26	662.36	835.00	967.68	701.59	1000.57	1097.34	618.22	603.32	857.26
Salto al tablero	1287.09	752.74	931.11	990.27	880.41	927.24	910.07	695.01	1015.97	932.21
Salto dos piernas	1736.50	1288.32	1169.56	1148.59	1234.34	1408.09	1257.01	965.81	972.86	1242.34
Arrancada explosiva	2343.08	1781.81	1704.29	1836.21	2166.08	1709.02	1845.17	1654.80	1739.44	1864.43

Diferencias con el resto de los ejercicios a $p < .01$.

Discusión

El principal aporte de este estudio fue identificar que los jugadores de un deporte de equipo que participan de manera simultánea en un determinado ejercicio ejercen carga externa diferenciada durante una sesión de entrenamiento.

Se ha reportado que el juego exige diferentes demandas fisiológicas a jugadores de distintas posiciones (Cormery et al., 2008). Hasta donde nosotros sabemos, no se han reportado valores diferenciados de carga externa entre jugadores, ya que se asumía que realizar los mismos ejercicios en un contexto de entrenamiento de equipo la carga externa debía ser similar para todos. Aunque los valores que hemos medido no tienen relación con la carga interna, podemos afirmar que los datos complementan la idea que no sólo existen diferentes respuestas internas entre jugadores, sino que también podemos concluir que existen valores de carga externa diferenciados entre los sujetos, esto puede tener relación con las características corporales y de acondicionamiento físico. Los resultados confirman la utilidad del uso de los acelerómetros para cuantificar la carga externa de entrenamiento individual de múltiples jugadores al mismo tiempo (Boyd et al., 2013). Al apreciar diferencias entre la carga externa que realizan diferentes sujetos, el entrenador observa que no todos los jugadores llevan a cabo la misma cantidad de CE aunque todos participen en los mismos ejercicios, lo que permitiría atender el principio de individualidad.

Los valores encontrados confirman lo encontrado en la literatura (Cormery et al., 2008) con respecto a que existen ejercicios que ejercen alta media y baja intensidad. Desde el punto de vista de carga externa, debemos analizar cada ejercicio con respecto a su intensidad (valores absolutos de acelerometría), volumen (duración del ejercicio) y densidad (los intervalos de descanso entre una repetición y otra). El entrenador debe tomar en cuenta que ejercicios con alta resultante de carga externa deben de ser administrados con suficientes tiempos de descanso. Es recomendable que el entrenador busque replicar la intermitencia de los esfuerzos durante un partido, modelando los ejercicios con el mismo patrón de esfuerzos y descansos.

Los resultados confirman que la acelerometría es útil para planificar ejercicios específicos en planes basados en carga externa, confirmando lo propuesto por Schelling y Torres (2016). Los valores de acelerometría pueden ser utilizados para cuantificar la carga externa de los ejercicios individuales y cuantificar la carga total de una sesión de entrenamiento. Esta información es un insumo importante para el entrenador para planificar la distribución de cargas durante los diferentes ciclos de entrenamiento de las estructuras intermedias y en la macroestructura.

El hecho de poder diferenciar valores de carga externa de los distintos ejercicios de baloncesto confirma la utilidad de la acelerometría como un método efectivo aplicable a deportes intermitentes. Esto confirma reportes anteriores en la literatura (Boyd et al., 2013; Montgo-

El hecho de que metodologías basadas en GPS sin imprecisas en movimientos de alta velocidad cortos y en espacios bajo techo (Varley, Fairweather, & Aughey, 2012) y que el TMA requiere de demasiado tiempo para su análisis (Canovas, Arias, García, & Yuste, 2014) confirma la mayor conveniencia de la acelerometría como un método que refleja de manera fiel las demandas externas a los que los jugadores de baloncesto son sometidos durante entrenamientos y juegos.

Una limitación de este estudio es que no se contrastaron los valores de carga externa con la carga interna. Es preciso que los entrenadores y científicos del deporte continúen analizando la relación que existe entre estas demandas externas y el efecto fisiológico de estas cargas en los jugadores.

Conclusiones

Los acelerómetros triaxiales tienen la capacidad de diferenciar la carga externa que se ejecuta en los distintos ejercicios de una sesión de entrenamiento de baloncesto. Los jugadores que participan de manera simultánea en un ejercicio determinado arrojan valores de carga externa diferenciados. Además de la carga interna, es importante que los entrenadores cuantifiquen también la carga externa para hacer una valoración precisa del estímulo de entrenamiento que se le impone al jugador.

Agradecemos al Mtro. Felipe de Jesús Márquez Zaragoza, entrenador de baloncesto de la Universidad Estatal de Sonora y a sus jugadores, por las facilidades otorgadas para poder llevar a cabo este estudio.

Referencias

Abdelkrim, N. Ben, Castagna, C., Fazaa, S. El, & Atl, J. El. (2010). The Effect of Players' Standard and Tactical Strategy on Game Demands in Men's Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2652–2662. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2e0a3>

Abdelkrim, N. Ben, Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., Fazaa, S. El, & Atl, J. El. (2010). Activity Profile and Physiological Requirements of Junior Elite Basketball Players in Relation to Aerobic-Anaerobic Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2330–2342. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e381c1>

Ben Abdelkrim, N., Chaouachi, A., Chamari, K., Chtara, M., & Castagna, C. (2010). Positional role and competitive-level differences in elite-level men's basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(5), 1346–55. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cf7510>

Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2013). Quantifying External Load in Australian Football Matches and Training Using Accelerometers. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 8(1), 44–51.

Canovas, M., Arias, J. L., García, P., & Yuste, J. L. (2014). Time-Motion Analysis Procedure in Team Sports : Example for Youth Basketball. *Strength & Conditioning Journal*, 36(3), 71–75.

Conte, D., Favero, T., Niederhausen, M., Capranica, L., & Tessitore, A. (2015). Physiological and technical demands of no dribble game drill in young basketball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(12), 3375–3379. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000997>

Referencias

- Cormery, B., Marcil, M., & Bouvard, M. (2008). Rule change incidence on physiological characteristics of elite basketball players: a 10-year-period investigation. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 25–30. <http://doi.org/10.1136/bjism.2006.033316>
- Herman, L., Foster, C., Maher, M. A., Mikat, R. P., & Porcari, J. P. (2006). Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. *South African Journal of Sports Medicine*, 18(1), 14–17.
- Hulin, B., Gabbett, T., Kearney, S., & Corvo, A. (2014). Physical demands of match-play in successful and less-successful elite rugby league teams, 10(6), 703–710.
- Jennings, D. H., Cormack, S. J., Coutts, A. J., & Aughey, R. J. (2012). International Field Hockey Players Perform More High-Speed Running Than National-Level Counterparts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 947–952.
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., & Drinkwater, E. J. (2013). Activity profiles and demands of seasonal and tournament basketball competition. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 8(6), 623–629.
- Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of Weekly Training Load in Elite Male Professional Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1399–1406. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d7552a>
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The Physical and Physiological Demands of Basketball Training and Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 75–86.
- Narazaki, K., Berg, K. E., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball.
- Sasaki, J., John, D., & Freedson, P. (2011). Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(5), 411–416. <http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.04.003>
- Scanlan, A., Wen, N., Tucker, P., & Dalbo, V. (2014). The relationship between internal and external training load models during basketball training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2397–2405.
- Schelling, X., & Torres, L. (2016). Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(1), 585–591.
- Trost, S. G., Mciver, K. L., & Pate, R. R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11 SUPPL.), 531–543. <http://doi.org/10.1249/01.mss.0000185657.86065.98>
- Varley, M., Fairweather, I., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 121–127.