

Tema A1a. Diseño Mecánico: (Cinemática de Cuerpos Rígido)

Determinación Mediante Videometría del Comportamiento Cinemático del Descenso del Eje de Contacto para Percusión en Jugadores de Rugby

Yolanda Torres-Pérez^a, Harold Rodrigo Ortega Mogollón^b, Edwin Yesid Gómez-Pachón^c

^a Escuela de Ingeniería Electromecánica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Cra 22 Cl. 18, Duitama, 150461, Colombia

^b Departamento de Bienestar Universitario, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Cl. 19 # 11-64, Tunja, 150001, Colombia.

^c Escuela de Diseño Industrial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Cra 22 Cl. 18, Duitama, 150461, Colombia

*Yolanda Torres Pérez. yolanda.torres01@uptc.edu.co

RESUMEN

En el juego del Rugby, la percusión es una jugada fundamental para la ruptura de la línea de defensa del equipo contrario y así poder llegar a la meta y anotar puntos. Sin embargo, esta jugada no siempre se realiza de forma eficiente biomecánicamente hablando, lo que genera pérdidas del balón y desventaja en el juego. Por lo anterior, se estudió y evaluó la biocinemática del gesto técnico-deportivo de algunos jugadores (expertos en percusión) del equipo de Rugby (expertos en percusión) de la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja (Boyacá - Colombia), mediante la técnica de videometría digital, con el objetivo de determinar (cualitativa y cuantitativamente) las trayectorias, ángulos críticos y curvas cinemáticas articulares de los deportistas ejecutando rutinas de percusión, con lo cual se diseñaron e implementaron intervenciones correctivas del movimiento de los deportistas en el descenso del eje de contacto para generar una percusión más eficiente y ergonómica durante el juego.

Palabras Clave: Biocinemática, Cinemática, Eje de Contacto, Percusión en Rugby, Rugby, Videometría.

ABSTRACT

In the game of Rugby, percussion is a fundamental play to break the line of defense of the opposing team and thus reach the goal and score points. However, this play is not always performed efficiently biomechanically speaking, which generates losses of the ball and disadvantage in the game. Therefore, we studied and evaluated the bi-kinematics of the technical and sports gesture of some players (expert in percussion) of the Rugby team of the University of Santo Tomás Seccional Tunja (Boyacá - Colombia), through digital videometry, with the aim of determining (qualitatively and quantitatively) the trajectories, critical angles and articular kinematic curves of athletes performing percussion routines, with were designed and implemented corrective interventions of the movement of the athletes in the descent of the axis of contact, to generate a more efficient percussion and ergonomic during the game

Keywords: Biokinematic, Kinematic, Contact Axis, Percussion in Rugby, Rugby, Videometry

1. Introducción

El Rugby es un deporte cuyo objetivo es trasladar la pelota a la línea de goal (línea de meta) del equipo contrario, y apoyarla en el piso para marcar puntos [1]. Aunque aparentemente este último objetivo puede parecer muy sencillo, no lo es. Para cumplir el objetivo se debe tener un gran trabajo en equipo, es decir, la cooperación debe ser máxima entre los jugadores del equipo, tanto para llevar la pelota a la línea de gol, como en el caso de defensa para oponerse al avance del equipo contrario [2].

Una acción importante del juego es romper en cualquier punto una línea de defensa contraria conformada por varios

jugadores que se ubican a lo ancho de la cancha para bloquear al jugador del equipo contrario portador de la pelota (esto se conoce como percusión). El propósito del portador de la pelota es avanzar hacia la zona de goal contraria y anotar un try (anotación con cinco puntos). Para romper esa línea de defensa contraria se necesita que el jugador portador de la pelota descienda eficientemente su centro de gravedad para llegar lo más bajo posible al eje de contacto, que le permita traspasar la defensa y a su vez ganar la línea de ventaja del equipo defensor [2], sin embargo, hay varios factores biomecánicos no detectables (a simple vista), que no permiten un adecuado descenso.

1.1. Antecedentes

Los archivos la percusión es una acción fundamental en el Rugby no se han encontrado antecedentes sobre el tema. Sin embargo, se encuentran algunas investigaciones en las cuales se ha investigado el rugby en las formaciones fijas, específicamente en el scrum. Milburn PD estudió biomecánicamente los aspectos técnicos y de seguridad de todo el pack de delanteros en el scrum en cuanto a la confluencia de fuerzas aplicadas y su incidencia en cuanto al manejo técnico y/o riesgos de lesión por la situación postural de las primeras líneas con respecto a la aplicación de fuerzas de los de segunda y tercera línea en esta formación fija [3]. Piscione y Garnet (2006) realizaron el estudio biomecánico y electromiográfico individual de las habilidades en el scrum del jugador de primera línea tanto de la categoría menores de 21 años como universitarios, y sus efectos en el nivel del juego del Rugby en Francia [4].

La World Rugby en asocio con la Universidad de Bath en Inglaterra, investigó en 2010 la biomecánica del desarrollo del scrum con el fin de entregar datos objetivos sobre las técnicas y prácticas necesarias para realizar esta formación fija de manera eficaz y segura, analizando packs de delanteros de muchos niveles diferentes del juego, en varias partes del mundo y obtuvieron información sobre las fuerzas individuales y combinadas que se generan durante el compromiso de scrum y el empuje secundario, así como los movimientos del cuerpo que acompañan a un scrum efectivo y seguro. Las pruebas examinaron cómo las variables medidas se alteraron debido a diferentes técnicas de compromiso y vinculación del scrum y también resaltaron cualquier diferencia entre el scrum basado en la aplicación de fuerza en la máquina y el scrum en vivo contra un paquete de oposición [5]. Preatoni E., et al. (2012) investigaron las fuerzas generadas en el scrum en seis niveles de juego, bajo condiciones ambientales verdaderas y normales, mediante estudios cinéticos en la máquina de scrum (instrumentada y sin instrumentar) para Rugby Union mediante la evaluación 3D de fuerzas y factores de análisis que pueden contribuir al rendimiento e influir en el riesgo de lesiones [6].

Por su parte, Cazzola, D. et. Al (2013) estudiaron la biomecánica del scrum en el Rugby, realizando un análisis cinemático y cinético en las condiciones de entrada hacia esta misma formación fija (3 formas indicadas de entrada al scrum) para determinar la incidencia de la fuerza aplicada allí con la distancia de la primera fila del pack de delanteros contra la primera línea contraria, así como la velocidad de entrada, la fuerza máxima y la aceleración, aplicada a 16 pack de delanteros (128 jugadores) de 2 categorías (internacional y club profesional) en la ciudad de Bath, Inglaterra[7].

Por otro lado, se han realizado investigaciones sobre destrezas individuales aplicadas al rugby como el pase, el pateo y el tackleo, como el caso de Sayers M. y Ballon R. (2011) quienes estudiaron los cambios biomecánicos determinantes de la velocidad del pase desde el suelo en

trece jugadores semiprofesionales de Rugby de Queensland Australia, al hacer el pase con la mano dominante y no dominante del jugador [8]. Strauss (2015) investigó los aspectos biomecánicos del tackle en el Rugby profesional, para identificar posibles mecanismos de lesión en el tackle, en el que a partir de este estudio se pueden hacer recomendaciones para hacer el tackle más seguro, analizando material de video de seis partidos de Rugby Super 14 de los Cheetahs de Sudáfrica [9].

Attack, Trewartha y Bezodis (2014) realizaron en Inglaterra un análisis biomecánico de la pierna dominante de 13 jugadores para patear a los postes de Rugby, mediante el cálculo cinemático y cinético 3D de la articulación, acompañado del análisis de la dinámica inversa de la pierna al momento de patear [10]. Phillips (2015) intentó en su tesis identificar: los movimientos cinemáticos que definen un pase de balón en el rugby como bueno o malo; el proceso secuencial del movimiento y cómo aplicar la teoría de los sistemas dinámicos, cuando se hacía un pase en el Rugby, mediante estudio realizado a tres participantes quienes realizaron diez pases estáticos a objetivos ubicados a 8 y 12 metros de distancia, captados con video y movimiento CODA. Estos análisis fueron utilizados para cuantificar la velocidad de la bola a la liberación y medidas cinemáticas como ángulos articulares y velocidad angular [11]. Green A. et al. (2016), estudiaron la relación entre distancia y precisión en el pateo, a través de la determinación de variables cinemáticas de pateo hacia los postes, mediante tests aplicados a 12 jugadores de Rugby adscritos a la Universidad de Witwatersrand, South Africa [12] y Emil, Budescu y Iacob (2008) analizaron biomecánicamente el impacto de un jugador durante un juego de Rugby, mediante ecuaciones cinemáticas planteadas antes, durante y después del impacto, para determinar las incidencias en cuanto al resultado del gesto técnico desde el punto de vista matemático y la relación proporcional en el riesgo de lesiones[13].

Aunque se han realizado estos estudios, la mayoría enfocados en el nivel de riesgo de lesiones, no se han encontrado estudios aplicados a caracterizar el descenso del eje de contacto para percusión de la línea de defensa contraria desde el punto de vista del rendimiento deportivo, punto que es muy importante durante esta disciplina y que de llegar a mejorarse la eficiencia de la percusión de jugadores de Rugby, es una gran ventaja competitiva para el equipo.

1.2. Objetivo

El objetivo principal de esta investigación fue determinar mediante videometría digital los principales factores que afectan negativamente el descenso del eje de contacto de algunos jugadores expertos en percusión del equipo de Rugby de la Universidad Santo Tomás, identificando de esa manera los principales problemas en la ejecución del descenso, para posteriormente proceder a realizar

intervenciones y reentrenamientos que corrijan la técnica de los jugadores y de esta forma realizar una mejor percusión.

En este artículo se presenta inicialmente un breve marco teórico que contextualiza al lector sobre el Rugby y sobre los estudios biomecánicos que se han venido desarrollando en diferentes investigaciones. Posteriormente se hace una descripción de la investigación que se realizó mediante la técnica de fotogrametría vídeo sobre la biomecánica del descenso del eje de contacto para percusión de la línea de defensa en jugadores de Rugby y finalmente se presenta el uso de este estudio y sus posibles ventajas o aplicaciones.

2. Cuerpo del Documento

En la actualidad, el trabajo de repetición mediante ejercicios metodológicos es importante para el mejoramiento de las habilidades técnicas y tácticas de un jugador en su práctica deportiva. Sin embargo, en la mayoría de casos resulta ser insuficiente la apreciación visual, debido a que la observación inmediata y parcial por parte del entrenador y los jugadores no les permite analizar y corregir de manera detallada y efectiva la técnica de ejecución de los movimientos de los deportistas y mucho menos le permite tener físicamente información de cada una de las ejecuciones de los movimientos realizados por el jugador, para poder observar sus variaciones.

Para analizar biomecánicamente de una forma cualitativa y cuantitativa el descenso del eje de contacto para percusión de la línea de defensa en jugadores de Rugby, fue necesario realizar una serie de pruebas experimentales en el campo de juego para simular percusiones de competencia. Por lo anterior, se escogieron estudiantes que pertenecen al equipo deportivo de Rugby (expertos en jugadas de percusión) de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja (Boyacá - Colombia), a los cuales se les realizó una valoración antropométrica, goniométrica y física; luego se les programó una serie de rutinas en campo en donde, realizaron varias pruebas que consistieron en romper una línea de defensa simulada para buscar tomar ventaja en esta situación, a este movimiento se le conoce como percusión.

A los deportistas del equipo, expertos en percusión se les colocó marcadores adhesivos en los siguientes puntos anatómicos: articulación temporomandibular, articulación glenohumeral, articulación humerorradial, articulación cubitocarpiana, gran trocánter, articulación femorotibial (lateral externa), cóndilo peroneo distal, en talón y en la articulación tarsometatarsiana, del lado derecho. Luego se les pidió que realizaran un calentamiento y una simulación de percusiones en el campo de prueba para normalizar su técnica y no se afectara por el proceso de grabación.

Posteriormente se realizaron las grabaciones finales, en donde el jugador ejecutó la percusión en un espacio de 10 metros, donde al final se encontraban dos cojines de

percusión con una altura de 1 m sostenidos por una persona a cada lado simulando una línea de defensa. La ejecución se realizó simulando tres situaciones de juego en donde el jugador recibe el balón y luego ejecuta la percusión: primera situación: el jugador recibe el balón mediante un pase de activación normal; segunda situación: el jugador recibe el balón gracias a un pase desde el piso y la tercera situación: el jugador recibe el balón por un pase de compañero en juego (Figura 3).

Luego de arrancar, el jugador recibía el balón a la mitad del trayecto, y este debía hacer la percusión, rompiendo la línea de defensa simulada, adoptando una posición de contacto real, como se ve al jugador 1 en la Figura 1:



Fig. 1. Ejecución de percusión en campo del jugador 1 [Autores].

Estas pruebas fueron registradas mediante un protocolo de videometría con una cámara de alta velocidad (500fps) marca StreamView LR, que se ubicó a 11 m del plano sagital de avance del deportista. Se le pidió varias veces a los deportistas simular lo más natural posible una percusión y luego se procesaron los videos, a través del software de acceso libre Kinovea versión 8.24., para obtener cualitativa y cuantitativamente las trayectorias y ángulos de los puntos de interés, así como las posiciones y ángulos de impacto específicos del deportista durante toda la ejecución del descenso y la percusión, como se muestra en la Figura 2:

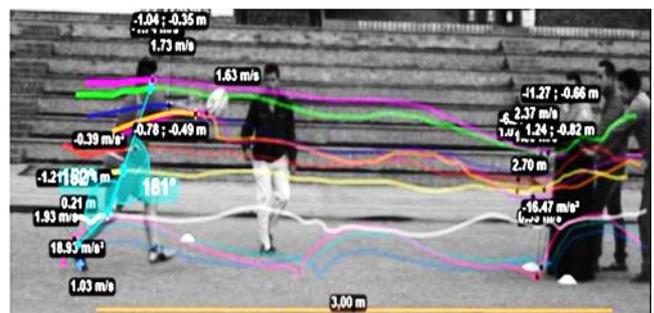


Fig. 2. Trayectorias y ángulos del jugador 1 [Autores].

A continuación, se presentan las imágenes del jugador 2 con las variaciones en los pases de activación para la posterior percusión: cuando recibe el pase del balón luego de una activación de jugada Fig.3(a), cuando recibe el pase del balón desde un pase de piso Fig.3(b), o cuando el jugador

recibe el pase del balón mediante un pase aéreo de un compañero Fig.3(c).



Fig. 3 Jugador 2 ejecutando pases de Rugby a). Activación b). Pase desde el piso c). Pase aéreo de un compañero. [Autores]

Después de procesar cada uno de los videos de las rutinas realizadas en el software de acceso abierto Kinovea versión 8.24, se generaron curvas de trayectorias de cada uno de los marcadores colocados en los jugadores (Figura 4) y de los ángulos de interés (flexión de tronco, flexión de rodillas, flexión del codo, entre otros). Con base en estos datos, en la información consultada en libros respecto al ángulo óptimo de percusión y artículos de investigación y en la amplia experiencia del entrenador del equipo de Rugby, se analizó y evaluó (cualitativa y cuantitativamente) la información, para poder determinar las principales causas de la falla en la ejecución de la técnica del deportista en la ejecución del movimiento de percusión



Fig. 4 Trayectorias de puntos anatómicos de interés del jugador 3 durante: Recepción de balón (imagen superior), avance y descenso (imagen central) y c. percusión (imagen inferior). [Autores]

Las curvas cinemáticas de los ángulos articulares y de interés, a lo largo de todo el movimiento de descenso y percusión de cada una de las pruebas de los jugadores seleccionados, fueron evaluadas una por una por el entrenador, otras curvas, se graficaron simultáneamente para generar bandas de “normalidad” del gesto deportivo estudiado, esto según estimó conveniente el entrenador para la evaluación y diagnóstico de ejecución de la técnica.

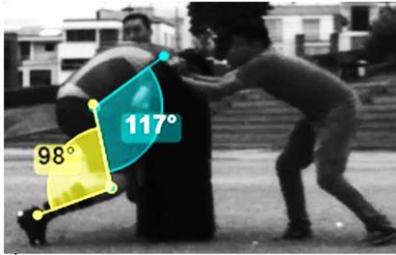
Posteriormente, el entrenador se reunió con los jugadores evaluados y con otros jugadores de la misma posición de juego y les presentó los videos de los deportistas ejecutando percusiones simuladas en el campo de juego y los videos con trayectorias y ángulos de ejecución de la técnica para que por un lado, los mismos jugadores tuvieran la posibilidad de verse en acción, autoevaluarse y analizar sus fallas y cosas por mejorar y por otro lado, para que los otros jugadores también analizaran los hechos. Este análisis individual y colectivo, la información reportada en la literatura respecto a la técnica y ángulo óptimo de percusión y la experiencia de jugadores y deportistas generó un plan de intervenciones (en gimnasio y en entrenamiento) que se realizaron por un periodo de tiempo para llegar a una percusión más efectiva. En la figura 5 se presenta un registro antes y un registro después de la intervención, logrando mejorar notoriamente el ángulo de percusión del jugador 1.



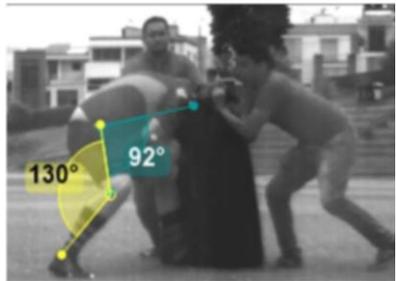
Fig. 5 Ángulos de tronco y rodilla del jugador 1 durante el descenso y percusión [Autores]

En la siguiente figura se puede observar cómo el jugador 2 antes del estudio biomecánico tiene ángulo de percusión de 117° entre dorso y muslo (Figura 6 a.) y luego de hacer el análisis por videometría y algunos correctivos (intervención) en su técnica, indicados por el entrenador, se logra disminuir el ángulo de percusión a 92°, reduciendo 25° del valor inicial. En la figura 7, se observan los ángulos antes y después de la intervención del jugador 1. Un ángulo de percusión cercano o inferior a los 90° genera una adecuada percusión [7] y por ende buena ruptura de la línea de defensa del equipo contrario, ganando una ventaja de avance en el juego del jugador y del equipo.

Este primer mejoramiento en la trayectoria de la línea de descenso y del ángulo de contacto (percusión) permite hacer más eficiente la percusión y avanzar mucho más en el terreno de juego, generando una ventaja competitiva significativa frente al equipo adversario.

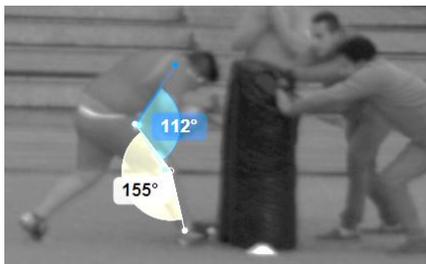


a). Ángulos de percusión antes de intervención.

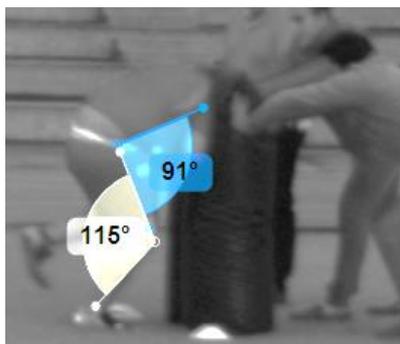


b). Ángulos de percusión después de intervención.

Fig. 6 Ángulos de percusión del jugador 3, antes y después de intervención. [Autores]



a). Ángulos de percusión antes de intervención.



b). Ángulos de percusión después de intervención.

Fig. 7 Ángulos de percusión del jugador 1, antes y después de intervención. [Autores]

3. Conclusiones

Mediante este tipo de estudios biomecánicos apoyados con técnicas como la videometría digital se apoya a los entrenadores y deportistas de diferentes disciplinas y se les provee de una herramienta con información confiable cualitativa y cuantitativa para que puedan diseñar planes de entrenamiento, intervenciones dirigidas, estrategias metodológicas más confiables entre otras cosas, para hacer

más eficiente la ejecución de la técnica de los deportistas en competencia.

Estudios biomecánicos en el deporte pueden proporcionar bases sistemáticas para modificar las técnicas de entrenamiento existentes y evaluar las capacidades físicas necesarias para jugar de manera eficiente y segura en el campo de juego. Esto mejorará el rendimiento de las habilidades de los jugadores y minimizará los potenciales riesgos de lesión en el terreno de juego.

Que entrenadores y jugadores tengan acceso a los videos de práctica en campo, a las curvas de las trayectorias de puntos anatómicos de interés, a las curvas de los ángulos articulares del jugador antes y después de una intervención basada en un análisis biocinemático, mostró claramente su utilidad ya que se pudo mejorar significativamente los ángulos de percusión de los deportistas evaluados, lo cual en el juego representará una ventaja competitiva significativa.

El análisis conjunto entre entrenador y deportistas de los videos y las curvas biocinémicas generadas en el estudio son una valiosa y eficiente herramienta de autoevaluación y mejoramiento continuo para los deportistas, ya que al ver por mi mismos sus fallas y con ayuda del entrenador buscar como corregirlas constituyen una línea de reaprendizaje y mejoramiento más corta.

Agradecimientos

Los autores de esta investigación expresan sus agradecimientos a la Universidad Santo Tomás seccional Tunja por su apoyo económico al proyecto de investigación titulado: Diseño e Implementación de un Protocolo de Videometría para Evaluación, Monitoreo y Mejoramiento Biomecánico de la Eficiencia del Gesto Deportivo de Jugadores Élite de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja. Por otro lado, se agradece a los estudiantes del Semillero de Investigación en Bioingeniería Walter Alejandro Duarte Rojas, Carlos Daniel Rojas Flechas y Julián Felipe Navas Rodríguez por su colaboración en la realización y procesamiento de los videos.

REFERENCIAS

- [1] Kent, Michael. Rugby. *Diccionario Oxford de Medicina y Ciencia del Deporte*; Editorial Paidotribo, Barcelona (2003), ISBN 84-8019-716-1, p. 244 [recuperado 18 de abril 2018] Disponible Online: <https://books.google.com.co/books?isbn=8480197161>
- [2] García T. Carlos A., Ospina C. Cesar A. *La Iniciación al Rugby*. Desde la Enseñanza de la Estructura del Juego. Medellín. Instituto Universitario de Educación Física. Universidad de Antioquia (2011). [Recuperado 17 de septiembre 2017]. Disponible Online: <http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/279-lainiciacion.pdf>

- [3] Milbum Peter D. Biomechanics of rugby union scrummaging. *Technical and safety issues. Sports Med. Sep*; Vol.16 (3), (pp.168-179) (1993).
- [4] Piscione J., Garnet D. Biomechanical and electromyographic study of individual rugby union scrummaging skills of front-row player: effect of playing level. *Journal of Biomechanics*, Volume 39, Supplement 1, Page S556 (2006) [recuperado 18 de abril 2018] Disponible Online: [http://www.jbiomech.com/article/S0021-290\(06\)852917/abstract](http://www.jbiomech.com/article/S0021-290(06)852917/abstract)
- [5] World Rugby. Biomechanics of the Rugby Scrum: *Research Project for the International Rugby Board* (acting through its operating entity IRFB Services (Ireland) Limited). World Rugby Player Welfare Program [recuperado el 10 de febrero de 2017]; Disponible Online: <http://playerwelfare.worldrugby.org/?documentid=29>.
- [6] Preatoni E., Stokes K., England M., Trewartha G. Forces Generated in Rugby Union Machine Scrumming at Various Playing Levels. *IRCOBI Conference 2012* IRC-1246, [recuperado 20 de abril 2017] Disponible Online: http://www.ircobi.org/wordpress/downloads/irc12/pdf_files/46.pdf.
- [7] Cazzola, D., Preatoni, E., Stokes, K.A., England, M. and Trewartha, G. Biomechanics of rugby scrummaging: kinematic and kinetic analysis across engagement conditions. In: Balagué, N., Torrents, C., Vilanova, A., Cadefau, J., Tarragó, R. and Tsolakidis, E., eds. *18th Annual Congress of the European College of Sport Science*, 201306-25 - 2013-06-29. [recuperado 3 de febrero 2017] Disponible Online: <http://opus.bath.ac.uk/36387/>
- [8] Sayers M, Ballon R. Biomechanical analysis of a rugby pass from the ground. In: *7th World Congress of Science and Football* (2011) [recuperado 13 de marzo 2017] Disponible Online: https://www.researchgate.net/publication/233757388_Biomechanical_analysis_of_a_rugby_pass_from_the_ground.
- [9] Strauss George L. Epidemiology of tackle injuries in professional rugby. *University of Free State* (2015) [recuperado 22 de abril 2017] Disponible Online: <http://scholar.ufs.ac.za:8080/xmlui/handle/11660/1703>
- [10] Atack A, Trewartha G. y Bezodis N. A biomechanical analysis of the kicking leg during a rugby place kick. In: Conference: *XXXII International Conference on Biomechanics in Sports*, At Johnson City, TN, USA; (2014) [recuperado 9 de marzo 2017] Disponible Online: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/5992>
- [11] Phillips C. A Kinematic Analysis of a Rugby Spin Pass. Thesis Undergraduate Degrees. *Cardif Metropolitan University* (2015). [recuperado 18 de abril 2017] Disponible Online: <https://repository.cardiffmet.ac.uk/handle/10369/6958>.
- [12] Green, A. et al. The Trade-off Between Distance and Accuracy in the Rugby Union Place Kick: A CrossSectional. (2016). *Kinesiology* Vol. 48(2) pp.:251-257. [recuperado 8 de mayo 2017] Disponible Online. <http://hrcak.srce.hr/168674?lang=en>
- [13] Emil I, Budescu and Iacob Ioan. The Human Impact Biomechanics in Rugby Game. In: *National Council of the Scientific Research in the High Education* (2008), ICCES, vol.8, no.1, pp.31-40, [recuperado 28 de abril 2017] Disponible Online: <http://www.techscience.com/doi/10.3970/ices.2008.008.031.pdf>.