

Avances

en entrenamiento deportivo



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Instituto Universitario de Educación Física



Avances

en entrenamiento deportivo

Elkin Alberto Arias A.
Rafael Darío Aguilar A.
– Coordinadores –



Instituto Universitario de Educación Física
Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte



Avances en entrenamiento deportivo

Elkin Alberto Arias A.

elkinariasde@gmail.com

Rafael Darío Aguilar A.

balonmano20081@gmail.com

– Coordinadores –

Edición

Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte

Instituto Universitario de Educación Física - Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

2013

ISBN: 978-958-8848-21-1





Presentación

Este texto es la compilación de siete reportes de investigación seleccionados por el *Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte*, en su línea de Entrenamiento Deportivo, con ocasión del evento *Expomotricidad Internacional 2013*, que realiza bianualmente el Instituto Universitario de Educación Física de la Universidad de Antioquia, con el propósito de compartir conocimientos y experiencias con colegas de otras latitudes.

Preparar un libro, tarea nada sencilla, obedece a la preocupación del Grupo de Investigación por contribuir a la generación y divulgación de los conocimientos resultado de nuestra propia dinámica y de aquella de investigadores externos a la Universidad de Antioquia. Y es que dar a conocer lo que hacemos, además de representar un eventual aporte al avance de nuestro campo de conocimiento –el entrenamiento deportivo– lo asumimos, ante todo, como nuestro deber, como un acto de responsabilidad social, pues, de una u otra forma, en la totalidad de los reportes publicados están involucrados recursos de naturaleza pública.

Con relación a los contenidos que componen esta publicación, podríamos afirmar que, a través en ellos, se deja entrever el paulatino cambio que, al menos en nuestro medio, experimenta el campo del entrenamiento deportivo, que ya deja de ser, en alguna medida, aquella actividad repetitiva, exenta de razonamiento o asociada por lo general



al alto rendimiento, y empieza a permear, con el debido rigor – y el gran esfuerzo e ingenio que exige investigar con recursos limitados– diferentes ámbitos, como la escuela, el deporte de iniciación o aquellos deportes sobre los que poco se ha investigado, y desde una perspectiva, por así decirlo, comprensiva. No en vano, por ejemplo, el fuerte componente neuro-fisio-psicológico presente en el grueso de los informes.

Esta perspectiva de investigación en entrenamiento deportivo deja en evidencia un aspecto más de fondo, relacionado con un cambio en el mundo en la concepción sobre el Deporte, donde ya no solo se lo considera espectáculo, negocio o medio para la política, sino como fenómeno estrechamente ligado al desarrollo integral de la persona y al vínculo social. Así entonces, el entrenamiento deportivo deja de ser un saber asociado a las estructuras económicas y políticas de poder, y se constituye en campo de conocimiento al servicio de la sociedad, en un sentido amplio.

Con relación a los resultados de las investigaciones incluidas en esta publicación, el lector no va a encontrar en ellos el gran descubrimiento o la ruptura de un paradigma, lo que se suele asociar, *a priori*, con la investigación científica. Cabe destacar que no se observa en ellos interés diferente al de reportar justo lo que se halló en cada estudio, sin otra pretensión que intentar comprender más a fondo el problema objeto de investigación, lo cual, de sí, es meritorio, pues nos indica lo que en realidad es investigar.

Como es ya nuestro estilo, la publicación de los informes en formato de libro digital responde al compromiso del Instituto Universitario de



Educación Física con la enseñanza, generación y libre divulgación de conocimientos, en la esperanza de contribuir a la urdimbre de una red global del saber en Educación Física, Deporte y campos afines.

Esperamos que esta publicación sea de utilidad para los lectores, de quienes esperamos retroalimentación con relación a los contenidos, mediante comunicación con los docentes que coordinan la obra.

Los Editores



Contenido

La toma de decisiones, los pases y las funciones ejecutivas en ultimate frisbee Cristiam Paul Tejada Otero, Gustavo Ramón Suárez.....	1
Influencia de diferentes formas de representación de un videomodelo en el aprendizaje de una técnica de lanzamiento compleja Andreas Bund, Saeed Ghorbani	40
Efecto de un plan de entrenamiento basado en el método pedagogía de las situaciones, sobre la toma de decisiones de las acciones finales durante la fase defensiva de jugadoras universitarias de baloncesto Liliana Gutiérrez Macías, Gloria Albany Hoyos Rodríguez	76
Efectos de un plan de entrenamiento estructurado a través del método continuo intensivo sobre el VO_2 máximo y la velocidad de desplazamiento en canoistas de Antioquia Janderson Cano Arango, Juan Osvaldo Jiménez Trujillo.....	95
Cuantificación de la respuesta fisiológica de jugadores de rugby subacuático durante un partido Jorge Luis Petro Soto, Robinson Vásquez Gómez, Jaime Albarracín	124



Desarrollo de la velocidad en niños mediante trabajo de coordinación

Santiago Ramos Bermúdez, Oscar Alfredo Montenegro 152

El desarrollo de la velocidad de desplazamiento en escolares

Elkin Alberto Arias Arias, Rafael Darío Aguilar Aguilar 182



La toma de decisiones, los pases y las funciones ejecutivas en ultimate frisbee

Decision making, passing and executive functions in ultimate frisbee

Cristiam Paul Tejada Otero¹

Gustavo Ramón Suárez²

Resumen

Este estudio descriptivo y correlativo tuvo como objetivo evaluar la efectividad de los pases, la toma de decisiones en la fase ofensiva y algunas funciones ejecutivas como la atención, el control inhibitorio y la memoria en deportistas de Ultimate Frisbee. Se realizó con 19 adolescentes, hombres, jugadores del programa INDER Medellín. Se evaluó la efectividad de los pases forehand y backhand, la toma de decisiones apropiadas en competencia y en situación simulada y las funciones ejecutivas con el software Neurorg®. La efectividad de los

¹ Licenciado en Educación Física, Magister en Motricidad y Desarrollo Humano / Línea Entrenamiento Deportivo. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. Instituto Universitario de Educación Física – Universidad de Antioquia. Colombia. cristejadaz2002@yahoo.es

² Licenciado en Educación Física, Médico Cirujano, Magister en Fisiología del Ejercicio, Doctor en Educación Física. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. Instituto Universitario de Educación Física – Universidad de Antioquia. Colombia. gusramon2000@yahoo.es



pases y la toma de decisiones estuvo entre un nivel medio y excelente; en la atención y la memoria presentaron un nivel medio, no obstante, el control inhibitorio presentó una valoración baja en los jugadores. Finalmente, sólo se encontró correlación directa entre la efectividad de los pases y la toma de decisiones de los jugadores.

Palabras clave: toma de decisiones, atención, memoria, control inhibitorio.

Abstract

This descriptive and correlative study aimed to evaluate the effectiveness of the passes, decision-making in the offensive phase and some executive functions such as attention, inhibitory control and memory in Ultimate Frisbee athletes. This research was conducted with 19 male adolescents, players of Medellín INDER program. We evaluated the effectiveness of forehand and backhand passes, making decisions in competition and simulated situation also executive functions were assessed with Neurorg®. The effectiveness of the passes and decision making was between good and excellent level, in attention and memory showed an intermediate level, however, inhibitory control presented a low rating on the players. Moreover, this analyses show only direct correlation between the effectiveness of the passes and decisions of the players.

Keywords: decision making, attention, memory, inhibitory control.



1. Introducción

El Ultimate Frisbee es un deporte relativamente nuevo, al menos en nuestro medio, que ha venido difundiéndose entre algunos países de Suramérica como Venezuela, Brasil, Uruguay, Argentina y Colombia. Aunque es escasa la bibliografía sobre este deporte, algunos textos presentan una descripción de los movimientos técnicos como los lanzamientos del frisbee, las recepciones y algunos aspectos tácticos básicos. (Lorenz, 2006; Baccarini & Booth, 2008; Parinella & Zaslow, 2004; Tejada, 2009).

También se han publicado algunos estudios sobre Ultimate Frisbee desde la fenomenología (Griggs, 2009; Tyler & col., 2006; Smith & col., 2009), el rendimiento físico (Stran & Curtner, 2010) y la prevención y promoción de la salud (Marfleet, 1991; Reynolds & Halsmer, 2006; Hannon, 2009; Yen & col., 2010). Aun así, esta modalidad deportiva cuenta con escasas publicaciones sobre la táctica y la toma de decisiones. Carpenter (2010) publicó su tesis doctoral en Ultimate Frisbee que consistió en evaluar mediante encuesta, entrevista, observación participante y GPAI (Games performance assessment instrument) el efecto que producían los juegos de espacio reducido con frisbee -modelo TGM- en la motivación, el grado de adherencia al programa y la mejora en el rendimiento del juego. En 2012 se realizó un experimento con jugadores adolescentes sobre el efecto del método TGfU en el aprendizaje de la táctica (Tejada, 2012) y se encontró un efecto positivo en el incremento (79%) del total de las acciones de juego.



La toma de decisiones, vista como proceso cognitivo, es un aspecto importante en el rendimiento deportivo (McMorris & col., 2009); por lo tanto, se hace fundamental implementar investigaciones que permitan evaluar el desempeño de habilidades deportivas e indagar acerca de las implicaciones cognitivas que presentan. Estos procedimientos se han venido haciendo en otros deportes como voleibol, tenis, baloncesto y fútbol (García L & col., 2009; García V & col., 2009; Domínguez, 2008; Harvey & col., 2010).

1.1 La efectividad de la técnica

En rugby se evaluó la efectividad de la técnica y se tuvo en cuenta recrear una situación que involucraba realizar un lanzamiento hacia dianas ubicadas izquierda y derecha en el campo. El jugador emprende la carrera simulando el desplazamiento en el cancha y, cuando llega a zona de lanzamiento, recibe un estímulo que le indica hacia qué lado lanzar -izquierdo o derecho-, con el propósito de acertar en la diana. Cada acierto en el blanco se califica como efectivo. El test consiste en realizar 10 intentos, con una proporción similar hacia la izquierda o la derecha. El estudio encontró una variabilidad de los jugadores élite entre un 57% hacia el lado preferido y un 15% al lado no preferido (Pavely & col., 2009).

En baloncesto se evaluó el porcentaje de aciertos en los lanzamientos como indicador del rendimiento de los equipos. Se encontraron valores altos en los equipos ganadores del campeonato en los lanzamientos de 2 y 3 puntos (60% y 29%, respectivamente). El estudio concluyó que la efectividad de la técnica en los equipos participantes es un indicador



que incide en el rendimiento deportivo. Los equipos que presentaron mayor eficacia obtuvieron mejores resultados en el marcador final (Romero & col., 2011).

En tenis se evaluó la efectividad de la técnica a través de los porcentajes de aciertos que hacía cada jugador al impactar con la pelota una zona específica demarcada en la cancha. Los investigadores emplearon una calificación basada sólo en porcentajes, es decir, como variable continua de razón (número de aciertos / número de intentos), más no en categorías nominales. El estudio encontró que, a mayor porcentaje de aciertos por parte de los jugadores, mayor porcentaje de efectividad en el juego (entre 81,6% a 93,3%) teniendo como máximo el 100% (Baiget & col., 2011).

1.2 La toma de decisiones

Para McMorris & col. (2009), la toma de decisiones en los juegos de equipo requieren que el jugador perciba la situación con precisión, mantenga lo que percibe en la memoria a corto plazo y compare la situación actual con las experiencias pasadas almacenadas en la memoria a largo plazo para actuar. De la misma forma, García L & col. (2009), afirman que el proceso de toma de decisión en una acción de juego que establece distintas fases antes de realizar una ejecución, se inicia con una primera fase cognitiva en la que el jugador se encuentra ante un problema en el juego, que debe resolver; para ello, analiza el contexto por el canal visual para identificar algunas características, mientras recupera otras informaciones de experiencias pasadas en su memoria para evaluar la información en conjunto, en un periodo corto de tiempo. De esta manera, todos sus conocimientos se integran para



tomar una decisión. En este enfoque cognitivo, la toma de decisiones está mediada por las estructuras de conocimiento o experiencias que se encuentran almacenadas en la memoria.

En Ultimate Frisbee, Aguilar & col. (2013) validaron un instrumento de toma de decisiones en la fase ofensiva. Se analizaron todas las acciones pertenecientes a las semifinales y finales del torneo “Ultimate de Oro 2011” que anualmente realiza la Universidad Eafit, de Medellín, y un torneo en el Instituto de Deportes y Recreación INDER Medellín. El proceso de construcción del instrumento para medir la toma de decisiones se basó en establecer una categorización de conductas observables durante el desarrollo del juego. Estas conductas se capturan en video, pasando luego a un proceso de edición en el que se obtienen las acciones en las que se presenta un jugador con posesión de frisbee y la ejecución de un pase a un compañero de equipo. El análisis de los datos aplicado para la validación del instrumento (el estadístico Kappa) indicó una concordancia inicial de 0,30; sin embargo, después de varios estudios piloto, en los que se replanteó la descripción de los ítems, se encontró una concordancia de 0,85 -muy buena-, lo que indicó que los evaluadores que participaron en el proceso de diseño y estructura, tenían el mismo criterio de evaluación para cada una de las acciones; es decir, una buena concordancia y consistencia.

1.3 El índice de la toma de decisiones

Es un valor numérico resultante de la división entre el número total de acciones apropiadas, sobre la sumatoria de acciones apropiadas más las acciones inapropiadas (Índice: acciones apropiadas / acciones apropiadas + acciones inapropiadas). Este valor se usa actualmente



como uno indicador de los sistemas de evaluación del desempeño de los equipos en juego. Las siglas en inglés para estos sistemas de evaluación son GPAI, (Games Performance Assessment Instrument) que significa Sistema de Evaluación del Rendimiento en el Juego (Memmert & Harvey, 2008; Oslin & col., 1998).

1.4 La memoria

En una forma concreta, Ramírez (2007) y Kandel (2007), definen la memoria como un proceso que involucra la codificación, almacenamiento y recuperación de información aprendida. Según Purves & col. (2008) la memoria puede ser analizada desde categorías cualitativas, que se subdividen en la memoria declarativa (expresión audible) y memoria no declarativa (procedimental) o desde la capacidad normal para olvidar la información. Estos autores argumentan que la categoría temporal, vista desde la memoria inmediata, a pesar de que puede tardar pocos segundos, abarca aspectos o modalidades como lo visual, lo táctil, lo verbal, lo auditivo y lo sensitivo, lo que lleva a pensar que es muy grande; sin embargo, se puede llegar a tener un registro completo de ella.

Otro aporte descrito por Purves & col. (2008), es la relación que se presenta entre la memoria declarativa y la memoria no declarativa, por el fenómeno de imprimación. Este hecho, descrito a veces como *asociación*, podría ser responsable de la transferencia de información desde la memoria de trabajo, o memoria de mediano plazo, hacia la memoria de largo plazo. Como complemento de lo anterior, los autores definen la imprimación como la principal estrategia de los publicistas (las ideas grandes mediante información de corta duración, que se va



sumando día a día). No obstante, la información almacenada empleando este proceso no ha sido estudiada; por lo tanto, no es confiable en la estructura de la memoria a largo plazo.

Según Ramírez (2007) una baja capacidad de memoria tiene un alto impacto en el rendimiento deportivo, debido a que hay una alteración en el almacenamiento, procesamiento y evocación de la información, de manera que se generan deficiencias en la incorporación y consolidación de nueva información. Sin embargo, Kandel (2007), afirma que la memoria puede experimentar cambios importantes y duraderos mediante entrenamientos relativamente cortos en una sesión; sin embargo, la perfección de la memoria se logra sólo mediante la repetición.

1.5 El control inhibitorio

Se define como la habilidad para resistirse a los impulsos y detener una conducta o movimiento. Esta capacidad también se conoce como control conductual (Soprano, 2003). Algunos autores afirman que esta se puede presentar dentro o fuera de la corteza prefrontal (Flores & Ostrosky, 2008). De acuerdo con la revisión de Soprano (2003), el control inhibitorio es un aspecto importante en la evaluación de las funciones ejecutivas, teniendo en cuenta la existencia de parámetros psicométricos validados para evaluar estas funciones (BRIEF, D-KEFS).

1.6 La atención

El término atención ha sido ampliamente abordado desde el contexto escolar y psicológico; sin embargo, en ocasiones no se aprecia claridad



conceptual en su definición. Según el diccionario de la Real Academia Española (2001) la atención es una acción o tarea que se describe alrededor de la curiosidad, observación o interés despertado para identificar algo. En otro sentido, Purves & col. (2008) plantean que, dado que alrededor del 20% de la corteza cerebral se encarga de codificar información sensitiva y ordenar movimientos, al parecer el 80% restante se encargaría de integrar o asociar las otras regiones encefálicas, con el propósito de identificar las características relevantes, reconocer los objetos relacionados y planificar respuestas apropiadas. A esta asociación de funciones se la denomina cognición; no obstante, la atención sería la evaluación de esa capacidad de asociación.

Existen varios tests de atención reconocidos. Uno, ampliamente utilizado por la sencillez y facilidad en su aplicación: el “*Test de clasificación de tarjetas de Wisconsin*” (Purves & col., 2008) y consiste en que la persona evaluada debe reorganizar un conjunto de cartas, parecidas al póker, por color, figura o número, de acuerdo a una estructura particular que plantee el evaluador; después de 10 respuestas correctas, el evaluador cambia las reglas de organización.

Otro, es el Test de “*Toulouse Pieron*” (Montiel & col., 2006) que consiste en reconocer unas figuras específicas de entre un gran número de figuras parecidas. El evaluado debe ir marcando cada de las figuras u objetos a medida que observa muchas figuras. También existe un test de amplio uso y fácil acceso, La torre de Hanoi, que consiste en reorganizar dos pirámides siguiendo reglas específicas para el movimiento de las fichas que la conforman (Anderson & col., 1996).



1.7 La valoración de la atención, el control inhibitorio y la memoria en el contexto deportivo

Hasta el momento en que se redactó este artículo, no se encontraron reportes de investigaciones que hayan evaluado los componentes cognitivos en el contexto real de los deportes, debido a que toda la información disponible en esta área sólo se hecho con fines clínicos o psicológicos que no guardan relación con el rendimiento deportivo. Sin embargo, un estudio citado por Purves & col. (2008), en el que se puso a prueba la capacidad de memorizar en dos grupos deportistas de ajedrez, principiantes y maestros, se encontró que en la organización de todas las fichas de un juego real, el grupo de maestros necesitó menos intentos para ubicar las posiciones exactas de cada ficha, en comparación con los principiantes; no obstante, en un segundo experimento, los principiantes tuvieron un rendimiento igual, o mejor, cuando se les pidió que reorganizaran las fichas en posiciones que no obedecían a ninguna estructura o juego (peones en posición inicial de alfil, torre o caballo). Este experimento corroboró que la memoria de trabajo depende de las experiencias pasadas, el contexto y la importancia percibida, es decir, gracias a estos aspectos, los maestros tuvieron mayor rendimiento en situaciones de reordenamiento de fichas procedentes de un juego real, más no en orden aleatorio.

Dado que en el programa INDER Medellín no se ha realizado la descripción de las variables tácticas, técnicas y cognitivas, este estudio analizará las siguientes preguntas, con respecto a los jugadores del programa Escuelas Populares del Deporte INDER Medellín:



- ¿Cuáles son las características cognitivas de los jugadores?
- ¿Cuáles son las características de la efectividad de los pases?
- ¿Cuáles son las características tácticas ofensivas del juego?
- ¿Qué relación existe entre estas variables técnicas, tácticas y cognitivas?

2. Metodología

2.1 Diseño

Este es un estudio no experimental, de tipo transversal, descriptivo y correlativo, en el que se valoró la efectividad de los pases, la toma de decisiones y algunas variables cognitivas, con el propósito de analizar su comportamiento y las posibles relaciones.

2.2 Población y muestra

El estudio se realizó con una muestra de 40 adolescentes, hombres, con edades entre 16 y 20 años, pertenecientes a dos grupos del programa *Escuelas Populares del Deporte, INDER Medellín*. Los participantes fueron seleccionados intencionalmente porque la práctica deportiva se desarrollaba en una cancha sintética en muy buen estado, lo que facilitaba las pruebas de campo; además, los entrenadores accedieron a participar del estudio. Otro aspecto que se tuvo en cuenta fue que los deportistas participaran voluntariamente en las cuatro pruebas que contempló el estudio. Al final del proceso de aplicación las pruebas de campo y laboratorio, sólo se analizaron los datos de los sujetos que realizaron todas las pruebas. Este aspecto generó la reducción de la muestra a sólo 19 sujetos debido a que 21 jugadores no cumplieron con todas las pruebas. Estos datos no fueron incluidos en el análisis.



2.3 Variables

La toma de decisiones en la fase ofensiva

La toma de decisiones en la fase ofensiva se evaluó siguiendo parámetros de valoración diseñados por Aguilar & col. (2013). Este indicador se aplicó en situaciones de competencia y en situaciones simuladas con el mismo propósito. (ver cuadro 1.)

Cuadro 1. Escala nominal para la variable porcentaje de toma de decisiones apropiadas de los jugadores.

Rango porcentual %	Valoración de la toma de decisiones	Nivel
0 – 20	Mala	1
21 – 40	Regular	2
41 – 60	Normal	3
61 – 80	Buena	4
81 – 100	Excelente	5

Toma de decisiones en situación de competencia

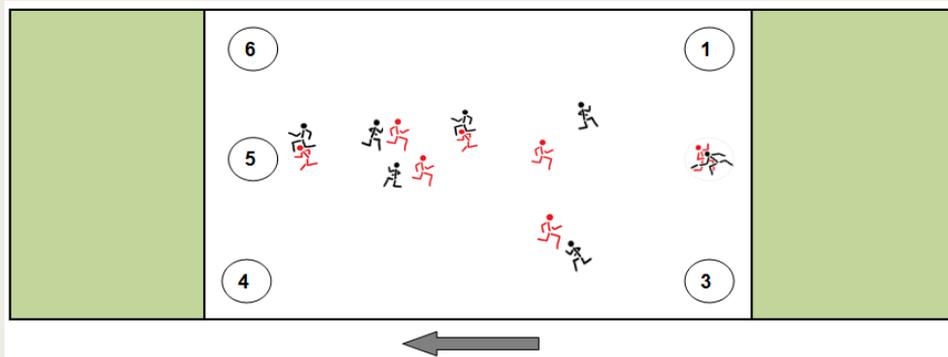
La toma de decisiones en la fase ofensiva y en situación de competencia se evaluó en una cancha con medidas reglamentarias a través de un partido de 18 goles, con un medio tiempo a 30 minutos de juego ó 9 goles completados. El descanso de medio tiempo tuvo una duración de 10 minutos.



Toma de decisiones en situaciones simuladas

Las situaciones simuladas de juego se evaluaron mediante 6 posiciones específicas en el campo, desde las que un jugador debía realizar un pase a un compañero de equipo simulando la fase ofensiva del juego. Para ésta situación, cada jugador fue evaluado en 6 lugares distribuidos en el campo, es decir, el jugador con posesión del frisbee se ubicó en el número 2 (jugadores negro y rojo en el círculo) y desde este punto se simuló un reinicio del juego, en dos intentos con 10 segundos de posesión del frisbee desde cada lugar (1 al 6) hasta completar 12 intentos, con el propósito de evaluar la toma de decisiones para conservar el frisbee y la toma de decisiones para hacer anotación (ver figura 1).

Figura 1. Posición en el campo de juego para evaluar la toma de la toma de decisiones en situaciones simuladas de juego.

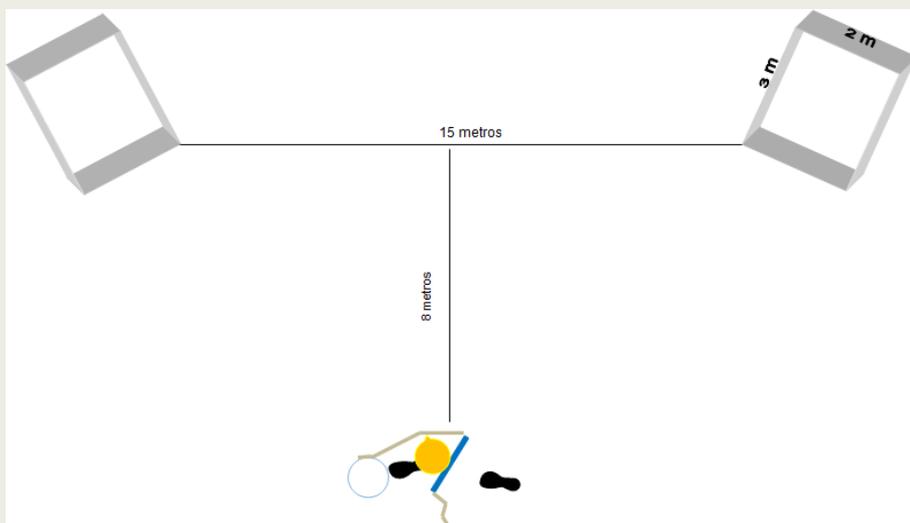




Efectividad del pase forehand y backhand

Se evaluó mediante adaptación de un test diseñado para evaluar la efectividad en rugby de campo (Pavely & col., 2009) debido a que no existen tests validados para Ultimate Frisbee (ver figura 2). Durante el desarrollo del test, cada jugador debía realizar un pivoteo previo a la realización del lanzamiento a un blanco estático, simulando una acción real de juego; estas condiciones, similares al contexto de juego, son un componente clave en el test original (Pavely & col., 2009).

Figura 2. Test de efectividad de los lanzamientos backhand y forehand en Ultimate Frisbee.



Dado que en las investigaciones donde se ha evaluado la efectividad de la técnica, no se ha determinado un criterio porcentual para, clasificar de manera nominal, el grado de aciertos en una escala (regular, bueno y



excelente), entonces se empleó un sistema basado en las investigaciones de Biaget & col. (2011) y Romero & col. (2011), es decir, una escala Likert de 5 niveles que oscila entre mala y excelente, (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Escala nominal para la variable porcentaje de efectividad de los pases de los jugadores.

Rango porcentual %	Valoración de la efectividad	Nivel
0 – 20	Mala	1
21 – 40	Regular	2
41 – 60	Normal	3
61 – 80	Buena	4
81 – 100	Excelente	5

2.4 Evaluación de las funciones cognitivas

Las evaluaciones se realizaron con Neurorg®, un sistema computarizado que funciona en red y permite evaluar las funciones cognitivas mediante principios psicométricos de otros tests que han sido validados, como el BRIEF (Behavior Rating Inventory of Executive Function), la “Torre de Hanoi” y el D-KEFS (Delis-Kaplan Executive Function System), reportados por Soprano (2003). De la misma forma, emplea una versión sistematizada del test de atención de “Toulouse Pieron” que, tradicionalmente, se presenta con lápiz y papel y que en conjunto han sido empleados en investigaciones que evalúan características cognitivas (Meilán & col., 2009; Solana & col., 2010; Lepadatu, 2012). El test BRIEF fue validado por Watson & Tellegen (1988); el test de D-KEFS fue validado por Delis & col. (2004); la “Torre de Hanoi” fue validada por



Anderson & col. (1996) y el Toulouse Pieron fue validado por Montiel & col. (2006). El sistema Neurorg® se empleó para una prueba conductual sistematizada que evalúa la integridad funcional cognitiva mediante 9 subpruebas, cada una con duración de 5 a 15 minutos y calificación mediante escala likert de 1 a 7; inicia con muy bajo nivel (1) hasta muy alto nivel (7). Evalúa la atención, el control inhibitorio, la memoria y el monitoreo.

Cuadro 3. Escala ordinal para la valoración de las funciones ejecutivas.

Valoración	Nivel
Muy bajo	1
Bajo	2
Medio bajo	3
Medio	4
Medio alto	5
Alto	6
Muy alto	7

En la actualidad el sistema Neurorg® cuenta con una base de datos aproximada de 44.000 evaluaciones entre escolares y adultos residentes del departamento de Antioquia, Colombia. Además, ha sido empleado diferentes investigaciones (Diomedes, 2012; Nieves, 2012).

La memoria

La memoria viso espacial: es la cantidad de información que puede ser recordada a través de una o varias características de figuras geométricas durante la resolución de un problema.



La memoria de caracteres por canal visual: se refiere a la información de tipo semántico o procesamiento simbólico que almacena, procesa y evoca. Toda la información es de origen visual y las personas que presentan bajo desarrollo de esta función tienen limitaciones para recordar nombres de personas, marcas comerciales, nombres de lugares.

La memoria de caracteres por canal auditivo: se refiere a la habilidad para almacenar, procesar y evocar información de origen auditivo con alta carga semántica o simbólica, como es el caso de palabras, frases, números o símbolos que ingresan por el canal auditivo.

La memoria viso espacial secuencial: se define como una particularidad que tienen los seres humanos para almacenar y evocar información relacionada con estímulos visuales, es decir, la relación que guarda un objeto con otros objetos en un espacio determinado.

El control inhibitorio

El control inhibitorio por estímulos visuales: es la capacidad que tiene un sujeto para inhibir repuestas (conductas) en tareas con estimulación visual, que no son las adecuadas, en favor de repuestas que resultarían más apropiadas.

El control inhibitorio por estímulos auditivos: es la capacidad que tiene un sujeto para inhibir repuestas (conductas) en tareas con estimulación auditiva, que no son las adecuadas, en favor de repuestas que resultarían más apropiadas.



La atención

La atención sostenida en canal visual: tiene como objetivo evaluar los recursos cognitivos que un sujeto desplaza de manera consciente sobre una tarea o actividad de carácter visual.

La atención sostenida en canal auditivo: evalúa los recursos cognitivos que un sujeto desplaza de manera consciente sobre una tarea o actividad con estimulación auditivas.

La atención sostenida en canal visual por discriminación de cuadros individuales: es la habilidad para centrar los recursos atencionales en tareas que requieren rastreo visual, es decir, encontrar estímulos visuales entre un grupo de elementos por medio de la discriminación de detalles.

2.5 Manejo de los datos

Se calculó el porcentaje de la toma de decisiones apropiadas, la efectividad de la técnica y la valoración en las funciones ejecutivas. Luego, se procedió a analizar el comportamiento individual de los jugadores y, posteriormente, se calculó su relación. El análisis de la estadística descriptiva y correlacional se hizo mediante el software SPSS-V15. La relación entre las variables se calculó con el estadístico de Spearman entre las variables ordinales y porcentuales, y el estadístico Tau-b de Kendall entre las variables nominales. También se hizo análisis de tablas de contingencia para observar el número de sujetos que obtuvieron las valoraciones más altas al comparar dos pruebas.



2.6 Hipótesis de correlación

H= No se presenta una correlación significativa entre la toma de decisiones y la efectividad los pases (el nivel de significancia es $> 0,05$).

H₀= No se presenta una correlación significativa entre la toma de decisiones y las variables cognitivas (el nivel de significancia es $> 0,05$).

H₁= Se presenta una correlación significativa entre la toma de decisiones apropiadas y las variables cognitivas (el nivel de significancia es $\leq 0,05$).

H₂= Se presenta una correlación significativa entre la toma de decisiones apropiadas en situación simulada o en situación de competencia (el nivel de significancia es $\leq 0,05$).

H₃= Se presenta una correlación significativa entre la toma de decisiones apropiadas y la efectividad de los pases (el nivel de significancia es $\leq 0,05$).

H₄= No se presenta correlación significativa entre la efectividad de los pases y las variables cognitivas (el nivel de significancia es $> 0,05$).

H₅= Se presenta una correlación significativa la efectividad de los pases y las variables cognitivas (el nivel de significancia es $\leq 0,05$).



3. Resultados

En el cuadro 4 se presenta la valoración de 596 acciones en situación de competencia y 228 acciones en situación simulada. Se aprecia que la gran mayoría de los jugadores (73%) obtuvo una valoración excelente y el resto del grupo (26%) obtuvo una valoración buena. De la misma forma, se encontró que en situaciones simuladas gran parte de los jugadores (63%) obtuvo una valoración excelente, el resto (31%) obtuvo una valoración buena en la toma de decisiones. Estas valoraciones indican un desempeño entre bueno y excelente de los jugadores en ambas situaciones.

Cuadro 4. Valoración de la toma de decisiones en situación de competencia y en situación simulada en jugadores de Ultimate Frisbee.

Situación	La toma de decisiones en los jugadores	Número de jugadores	
		No.	%
Competencia	Mala	0	0
	Regular	0	0
	Normal	0	0
	Buena	5	26,3
	Excelente	14	73,7
Total de acciones		596	100
Simulación	Mala	0	0
	Regular	0	0
	Normal	1	5,3
	Buena	6	31,6
	Excelente	12	63,2
Total de acciones		228	100



En el cuadro 5 se observan las valoraciones encontradas en los componentes conductuales que conforman la atención en los jugadores de Ultimate Frisbee. Con respecto a la atención visual se observa que un grupo considerable de jugadores (42%) obtuvo una valoración entre alta a muy alta. En la atención auditiva se encontró que el 36% obtuvo una valoración entre alta a muy alta. En la atención por discriminación llama la atención que el 31% obtuvo una valoración entre baja a muy baja. Estas valoraciones, de forma general, muestran que los jugadores se encuentran entre valores medios y altos en cada uno de las subpruebas; sin embargo, un grupo considerable de jugadores (73%) obtuvo valores bajos en la atención por discriminación.

Cuadro 5. Valoración de los componentes de la atención en los jugadores.

La atención						
Valoración	Visual		Auditiva		Por discriminación	
	No.	%	No.	%	No.	%
Muy baja	1	5,3	1	5,3	5	26,3
Baja	1	5,3	1	5,3	1	5,3
Medio baja	4	21,1	2	10,5	8	42,1
Media	5	26,3	3	15,8	3	15,8
Medio alta	0	0,0	5	26,3	1	5,3
Alta	5	26,3	3	15,8	1	5,3
Muy alta	3	15,8	4	21,1	0	0,0

En el cuadro 6 se observan las valoraciones encontradas en los componentes conductuales que conforman la memoria. Con respecto a la memoria viso espacial se observa que gran parte de los jugadores (73%) obtuvo valores medios, el resto (26%) obtuvo entre bajo a muy



bajo. De la misma forma, en la memoria de caracteres visuales se encontró que el 78% del grupo obtuvo una valoración media. En la memoria auditiva se encontró que más de la mitad del grupo (57%) obtuvo una valoración media (media a media alta). Finalmente, en la valoración de la memoria secuencial, llama la atención que gran parte de los jugadores (68%) presentó un nivel entre bajo y muy bajo. Estas valoraciones de forma general sugieren una mediana capacidad de memoria.

Cuadro 6. Valoración de los componentes de la memoria en los jugadores.

Valoración	La memoria							
	Viso espacial		Caracteres visual		Auditiva		Secuencial	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Muy baja	4	21,1	2	10,5	0	0,0	12	63,2
Baja	1	5,3	1	5,3	3	15,8	1	5,3
Medio baja	5	26,3	2	10,5	3	15,8	2	10,5
Media	1	5,3	7	36,8	2	10,5	1	5,3
Medio alta	8	42,1	6	31,6	9	47,4	2	10,5
Alta	0	0,0	0	0,0	2	10,5	1	5,3
Muy alta	0	0,0	1	5,3	0	0,0	0	0,0

En el cuadro 7 se observan las valoraciones encontradas en los componentes conductuales del control inhibitorio de los jugadores de Ultimate Frisbee. Con respecto al control inhibitorio visual, llama la atención que gran parte del grupo (78%) obtuvo una valoración entre bajo y muy bajo. Mientras que en el control inhibitorio auditivo se encontró una heterogeneidad que ubicó al 52% del grupo con una valoración media y un 21% con una valoración entre alta y muy alta; el



resto (26%) con una valoración muy baja. Estas valoraciones, de forma general, sugieren que los jugadores tienen un bajo control inhibitorio visual, pero un moderado control inhibitorio auditivo.

Cuadro 7. Valoración de los componentes del control inhibitorio en los jugadores.

Valoración	El control inhibitorio			
	Visual		Auditivo	
	No.	%	No.	%
Muy bajo	8	42,1	5	26,3
Bajo	7	36,8	0	0,0
Medio bajo	3	15,8	3	15,8
Medio	1	5,3	5	26,3
Medio alto	0	0,0	2	10,5
Alto	0	0,0	2	10,5
Muy alto	0	0,0	2	10,5

En el cuadro 8 se aprecia que cerca del 74% de los jugadores obtuvo una efectividad entre buena y excelente. El resto de jugadores (26%) obtuvo una valoración normal. Esta valoración indica un desempeño relativamente bueno en la efectividad de los pases en los jugadores.



Cuadro 8. Valoración de la efectividad del pase en los jugadores de Ultimate Frisbee.

La efectividad del pase	Jugadores	
	No.	%
Mala	0	0
Regular	0	0
Normal	5	26,3
Buena	12	63,2
Excelente	2	10,5
Total de lanzamientos	380	100

En el cuadro 9 se observa que no se encontró una relación significativa entre la toma de decisiones en situación simulada y en la competencia ($r = 0,14$; $p = 0,54$). Tampoco se encontró una relación significativa con respecto a la valoración obtenida en la toma de decisiones en situación simulada y la efectividad de los pases ($r = 0,27$). Tampoco se encontró una relación significativa entre la toma de decisiones en competencia y la efectividad de los pases ($r = 0,15$). No obstante, al contrastar los resultados de todos los jugadores –en una tabla de contingencia– con respecto a la valoración obtenida en la toma de decisiones en competencia y la efectividad de los pases, se encontró que gran parte de los jugadores (14) obtuvo una valoración superior similar en ambas variables, lo que expresa una relación directa en 18 jugadores para la toma de decisiones en ambas situaciones y una relación directa con la efectividad de los pases en 13 y 14 jugadores para situaciones simuladas y de competencia, respectivamente.



Cuadro 9. Correlación entre la toma de decisiones en situación de competencia, en situación simulada y la efectividad de los pases

Variables	Efectividad de los pases		Toma de decisiones en situaciones simuladas	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Toma de decisiones simuladas	0,27	0,25(a)	-	-
Toma de decisiones en competencia	0,15	0,52 (a)	0,14	0,54(b)

El cuadro 10 muestra que no existe una relación significativa, de tipo inversa o directa, al comparar las variables correspondientes a la memoria, con la toma de decisiones simuladas en competencia o en la efectividad de los pases.

Cuadro 10. Correlaciones entre la toma de decisiones, la efectividad de los pases y la memoria

Variables	La memoria							
	Memoria viso espacial		Memoria caracteres visuales		Memoria caracteres auditivos		Memoria viso espacial secuencial	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Toma de decisiones simuladas	0,30	0,230	0,28	0,24	0,18	0,46	- 0,04	0,85
Toma de decisiones en competencia	0,15	0,535	0,06	0,79	0,35	0,14	0,44	0,06
La efectividad de los pases	0,34	0,15	0,07	0,76	0,13	0,58	0,05	0,82



El cuadro 11 muestra que sólo se encontró una relación significativa de tipo inversa entre la toma de decisiones en situación simulada y la atención por canal visual ($r = 0,57$; $p = 0,01$). Es decir, a menor atención por canal visual, mayor es la toma de decisiones apropiadas en situación simulada de juego, o viceversa.

Cuadro 11. Correlaciones entre la toma de decisiones, la efectividad de los pases y la atención

Variables	La atención					
	Atención por canal visual		Atención por canal auditivo		Atención por discriminación	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Toma de decisiones simuladas	- 0,57	0,01*	- 0,01	0,96	- 0,33	0,16
Toma de decisiones en competencia	- 0,31	0,20	0,09	0,71	- 0,06	0,79
La efectividad de los pases	- 0,03	0,89	0,08	0,73	0,11	0,65

* = La correlación es significativa.

El cuadro 12 muestra que sólo se encontró una relación de tipo inversa entre el control inhibitorio visual y la efectividad de los pases ($r = -0,50$; $p = 0,03$). Es decir, que a mayor efectividad en los pases, menor es el control inhibitorio visual o viceversa.



Cuadro 12. Correlaciones y tablas de contingencia entre la toma de decisiones y el control inhibitorio visual

Variables	El control inhibitorio			
	Control inhibitorio visual		Control inhibitorio auditivo	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Toma de decisiones simuladas	- 0,06	0,78	- 0,11	0,63
Toma de decisiones en competencia	0,01	0,10	0,06	0,78
La efectividad de los pases	- 0,50	0,03*	0,16	0,51

* = La correlación es significativa

4. Discusión

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de los pases, la toma de decisiones y los componentes cognitivos en adolescentes jugadores de Ultimate Frisbee. Posteriormente, correlacionar las variables estudiadas, con el propósito de identificar el comportamiento que tiene cada uno de estos componentes en el rendimiento deportivo (malo, regular, bueno, excelente) y esto conduce a plantear un análisis descriptivo y correlativo con base en características cognitivas y técnicas de los jugadores. Un aspecto inicial para el desarrollo de la discusión es establecer algún tipo de comparación con los resultados encontrados en los deportistas de ultimate frisbee evaluados por Carpenter (2010), en niños varones, en aspectos como el índice de toma de decisiones y en la efectividad de los pases.

No obstante, no es posible establecer algún tipo de comparación confiable debido a que en el manuscrito de la tesis no se describen las



características que se emplearon en cada uno de los tests, porque no se encontraron reportes. A pesar de esta limitación, de acuerdo con Carpenter (2010), más de la mitad de los hombres (66%) obtuvo un índice superior al 80%, aspecto que los clasifica en una valoración excelente (Cuadro 4) en la toma de decisiones, y el resto del grupo (34%) obtuvo una valoración buena ($\leq 79\%$). Con respecto a la efectividad del pase, se encontró que, al séptimo entrenamiento, muy pocos deportistas obtuvieron una valoración excelente (33%); el resto del grupo obtuvo una valoración entre buena y regular. Estas consideraciones generales sugieren un rendimiento deportivo inferior en el grupo de estudio de Carpenter en comparación con el grupo INDER, debido a que tiende a asemejarse sólo en el índice de la toma de decisiones, más no en la efectividad de los pases.

La valoración de la toma de decisiones (cuadro 4) de los jugadores de ultimate fribee, muestra que gran parte del grupo tienen un excelente desempeño tanto en situaciones simuladas como en situaciones de competencia; sin embargo, otros jugadores obtuvieron un desempeño bueno. No obstante, éste análisis no arrojó algún tipo de relación (cuadro 9) y una justificación es que el sesgo asimétrico positivo (con tendencia a la izquierda) que se presentó entre los jugadores, es decir, los valores en éstas variables, fueron parecidos y se ubicaron en un lugar específico del gráfico, lo que catalogó al grupo como muy homogéneo. Este aspecto causó dificultad para observar la relación que se presentó. De la misma forma, la homogeneidad (resultados entre bueno y excelente), en la toma de decisiones, podría verse justificado en que ambas situaciones (simulada y competencia) representaron un nivel de dificultad similar dado que los jugadores obtuvieron una valoración similar. Esta situación coincide con los planteamientos de Baccarini y



Booth (2008) respecto de entrenar sobre situaciones simuladas de tipo ofensivo con un nivel semejante al de la competencia.

Los componentes cognitivos o funciones ejecutivas son necesarios para el desempeño óptimo de los jugadores en el contexto real del juego (McMorris & col., 2009; García & col., 2009), no obstante la memoria, la atención y el control inhibitorio, como las pruebas que lo componen, también son necesarios. En este estudio se esperaba un mayor número de relaciones directas con los componentes cognitivos, sin embargo no se presentaron y, en adición, se presentaron algunas relaciones inversas (Cuadros 11 y 12) entre la toma de decisiones y la memoria secuencial – control inhibitorio visual. Una justificación inicial a estos resultados es que posiblemente los componentes cognitivos evaluados de forma conductual, en un espacio como un laboratorio, fuera del contexto específico del juego, no son replicables a los requerimientos cognitivos del deporte.

Por ejemplo, las tareas específicas que involucran la atención en la fase ofensiva del juego, como el seguimiento visual que se debe hacer a 2 o 3 jugadores, compañeros de equipo, hasta identificar una buena opción de pase a un jugador libre de marca y, además, durante la misma acción, asegurarse que en la trayectoria del lanzamiento no interfieran otros jugadores, emplear un grado de fuerza específico para que el pase sea efectivo, entre otras, no exigen un alto desempeño cognitivo, como los que se observan en los test de laboratorio, sino que exige un conjunto de conductas diferentes (evaluables) que se asocian y permiten cumplir de manera exitosa una tarea. Es decir, un sujeto en posición pasiva frente al computador podría tener un contexto diferente a las situaciones que representa la interacción con otros jugadores en la



competencia. Entonces, las correlaciones de tipo inversa que se presentan en la investigación, se podrían considerar de tipo espurias dado que las subpruebas cognitivas carecen de especificidad en el test neurocognitivo en el contexto de los deportes de conjunto.

Al observar el cuadro 9 (estadístico de Spearman) y la relación que se presentó entre la toma de decisiones con la efectividad de los pases, inicialmente no se encontró ninguna relación significativa (0,27 y 0,15) debido a una asimetría (positiva) de los datos. Sin embargo, en un análisis de los resultados, mediante tablas de contingencias, se evidenció que estos aspectos tienen relación directa en casi todo el grupo (13, 14 y 18 jugadores, respectivamente) debido a la valoración similar entre los jugadores. Lo anterior sugiere que ambas situaciones (simulada y competencia) comparten aspectos similares que hacen que la efectividad de los lanzamientos de los jugadores les permite desempeñarse de manera buena y excelente en ambas situaciones.

Respecto a las valoraciones de los componentes cognitivos (memoria y atención) muestran una aptitud medio alta en algunos jugadores, y en otros, medio baja. Estas características un tanto heterogéneas se podrían justificar por un estado natural de los jugadores, en el que algunos sujetos han alcanzado un alto desempeño por su estilo de vida o por el rendimiento académico que ha desarrollado con el paso de los años. No obstante, con respecto a la valoración del “control inhibitorio” se observa que la gran mayoría obtuvo una valoración “baja” (cuadro 7) y este aspecto podría ser teóricamente importante, dado que se entendería como la inhibición que tienen los jugadores para detener una conducta ante un distractor y ejecutar sólo la tarea objetivo; este comportamiento podría justificarse en la especificidad del test



neurocognitivo, debido a que la toma de decisiones y la efectividad de los pases tienen, en mayor o menor grado, un componente de control inhibitorio y éstas fueron valoradas entre buena y excelente (cuadros 7 y 8). Entonces, lo más lógico pudo verse representado en encontrar correlaciones directas con las funciones ejecutivas, pero las correlaciones directas no mostraron significancia estadística (y tampoco en las tablas de contingencia). Otra posible justificación es que la valoración general “baja” de los jugadores, los ubica como sujetos que están en un proceso de formación (manteniendo una alta efectividad en los pases y una excelente toma de decisiones) y el control inhibitorio se gana con un proceso que involucra más experiencia deportiva, y los jugadores evaluados son adolescentes con un promedio de edad de 18 años.

Respecto a la efectividad de los pases de los lanzamientos, se pudo encontrar una valoración buena en la gran mayoría de los jugadores. Sin embargo, el hecho de que algunos jugadores (26%) hayan obtenido una valoración “normal” indica que éste componente del rendimiento deportivo se encuentra en desarrollo y perfeccionamiento. Por otra parte, el hecho de que no se haya encontrado relación directa significativa entre la efectividad de los pases y los componentes cognitivos (y tampoco en las tablas de contingencia) podría verse justificado en que la ejecución de movimientos (lanzamientos de forehand y backhand) para este caso no involucran en mayor medida los componentes cognitivos; es decir, las destrezas en los movimientos que permiten la efectividad en los lanzamientos no depende de unas aptitudes considerablemente altas en la atención o la memoria. No obstante, al igual que la toma de decisiones, se podría cuestionar la transferencia que tiene test neurocognitivo aislado del juego, dado que



la gran mayoría de jugadores obtuvo una valoración “buena” en la efectividad de los pases, pero estos valores no tuvieron ninguna relación con el control inhibitorio. Además, se encontró una relación inversa con el control inhibitorio visual (cuadro 12) aspecto que inicialmente se esperaba con una relación directa, dado que el mecanismo teórico que lo sustenta como la habilidad para resistirse a los impulsos por percepción visual y a detener una conducta o movimiento, se asemeja al juego; por lo tanto, se esperaba que los sujetos con una “buena” o “excelente” valoración en la efectividad de los pases, tendrían una relación directa con “el control inhibitorio”, pero no fue así.

No obstante, las hipótesis que se aceptan, de acuerdo al análisis de los resultados, son las siguientes:

No se presentó una relación significativa entre la toma de decisiones y las variables cognitivas (H_0). Las relaciones que se presentan, sólo involucran a dos aspectos, de nueve, de manera inversa; en el resto no se encontró algún tipo de relación.

Se presentó una relación directa significativa entre la toma de decisiones apropiadas en situación simulada y en competencia (H_1).

Se presentó una relación directa significativa entre la toma de decisiones apropiadas y la efectividad de los pases (H_3).

No se presentó una relación significativa entre la efectividad de los pases de los jugadores y las variables cognitivas. Las relaciones que se presentan de manera inversa, sólo involucran a tres aspectos, de nueve



evaluados. Por lo tanto, no se considera que exista una relación con los componentes cognitivos (H_4).

5. Conclusiones

Un grupo considerable de jugadores obtuvo una valoración excelente en la toma de decisiones, tanto en situaciones de competencia como en situación simulada; el resto, obtuvo una valoración buena. La valoración de los componentes cognitivos muestra que los jugadores obtuvieron una valoración media en la atención y en la memoria; por otra parte, poseen una valoración baja en el control inhibitorio.

De acuerdo con la valoración de la efectividad de los pases, los jugadores de Ultimate Frisbee, en su mayoría, se encuentran con una valoración entre buena y excelente.

Con respecto al análisis de las correlaciones sólo se encontró una relación directa entre la efectividad de los pases y la toma de decisiones de los jugadores. Con respecto a las relaciones inversas, no se encontró una relación significativa entre la toma de decisiones y las funciones ejecutivas; además, tampoco se encontró una relación significativa entre la efectividad de los pases y las funciones ejecutivas.



Agradecimientos

Durante el desarrollo de esta investigación se contó con el aporte de muchas personas entre quienes destacamos, por su paciencia y colaboración incondicional a Yina Paola Cartagena, Mauricio Otálvaro C., Diader Tejada, Carlos Alberto Moncada. Agradecemos además al Instituto Universitario de Educación Física de la Universidad de Antioquia y a la empresa Neurorg® Ltda.

Referencias

- Aguilar R, Echeverry A, Tejada C (2013). *Diseño y validación de un instrumento para valorar la toma de decisiones en la fase ofensiva en Ultimate Frisbee*. Proyecto en proceso de publicación. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Aiken L (2003). *Tests psicológicos y evaluación (11ª ed.)*. México: Pearson Educación.
- Anderson P, Anderson V, Lajoie G (1996). The Tower of London Test: Validation and standardization for pediatric populations. *The Clinical Neuropsychologist*, 10:54-65.
- Baccarini M, Booth T (2008). *Essential ultimate: teaching, coaching, playing*. USA: Humans Kinetics.
- Baiget E, Iglesias X, Vallejo L, Rodríguez F (2011). Efectividad técnica y frecuencia de golpeo en el tenis femenino de élite; estudio de caso. *Motricidad European Journal of Human Movement*, 27:101-16.
- Carpenter E (2010). The Tactical Games Model Sport Experience: An Examination of Student Motivation and Game Performance during



- an Ultimate Frisbee Unit. Open Access Dissertations, Paper 240. Massachusetts, USA: University of Massachusetts.
- Chatzopoulos D, Drakou A, Kotzamanidou M, Tsozbatzoudis H (2006). Girls' soccer performance and motivation: games vs technique approach. *Perceptual & Motor Skills*, 103(2):463-70.
- Delis D, Kramer J, Kaplan E, Holdnack J (2004). Reliability and validity of the Delis-Kaplan Executive Function System: an update. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(2), 301-3.
- Diomedes P (2012). *Implementación de estrategias constructivistas en la enseñanza del álgebra, que fomenten el desarrollo de la función neurocognitiva del automonitoreo, como un estudio de caso*. Tesis de maestría. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Domínguez J (2008). *Escala de evaluación de la decisión táctica. Una aplicación al bloqueo directo en baloncesto*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Flores J, Ostrosky F (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1):47-58.
- García L, Moreno M, Moreno A, Iglesias D, Del Villar F (2009). Estudio de la relación entre conocimiento y toma de decisiones en jugadores de tenis, y su influencia en la pericia deportiva. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 17(5):60-75.
- García V, Ruiz L, Graupera J (2009a). Perfiles decisionales de jugadores y jugadoras de voleibol de diferente nivel de pericia. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 14(5): 123-37.
- Griggs G (2009). The Origins and Development of Ultimate Frisbee. *The Sport Journal*, 12(3).



- Hannon JC (2009). Physical activity levels of overweight and nonoverweight high school students during physical education classes. *Journal of School Health*. 78(8):425-31.
- Harvey S, Cushion C, Wegis H, Massa A (2010). Teaching games for understanding in American high-school soccer: a quantitative data analysis using the game performance assessment instrument. *Physical Education y Sport Pedagogy*, 15(1):29-54.
- Kandel E (2007). *En busca de la memoria: nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Argentina: Katz Editores.
- Kelly E, Duell M (2007). *Ultimate Frisbee, sports Reporter Tactical, games for Understanding* (TGfU). USA: Physical Education Central.
- Lepadatu I (2012). Use self-talking for learning progress. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 33:283-7.
- López L, Gómez D, Aguirre I, Puerta D (2005). Componentes de las pruebas de atención y función ejecutiva en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Revista de Neurología*, 40(6):331-9.
- Lorenz R (2006). *Spinning flight: dynamics of frisbees, boomerangs, samaras, and skipping stones*. USA: Springer Science Business Media, LLC.
- Marfleet P (1991). Ultimate injuries: a survey. *British Journal of Sports Medicine*, 25(4):235-40.
- McMorris T, Phillip T, Audiffren M (2009). *Exercise and cognitive function*. UK: Willey-Blackwell.
- Meilán J, Pérez E, Arana J, Carro J (2009). Neuropsychological and cognitive factors in event-based prospective memory performance in adolescents and young people with an intellectual disability. *The British Journal of Development Disabilities*, 55(108):61-75.



- Memmert D, Harvey S (2008). The game performance assessment instrument (GPAI): some concerns and solutions for further development. *Journal of Teaching in Physical Education*, 27:220-40.
- Montiel JM, Figueiredo ERM, Lustosa DBS, Dias NM (2006). Evidência de validade para o teste de atenção concentrada Toulouse-Piéron no contexto de trânsito. *Psicologia: Pesquisa & Trânsito*, 2(1):19-27.
- Nieves E (2012). *Implementación de estrategias constructivistas en la enseñanza del álgebra, que fomenten el desarrollo de la función neurocognitiva automonitoreo, como un estudio de caso en la sección 20 del grado octavo de la educación básica*. Tesis de maestría, Medellín, Colombia: Universidad Nacional.
- Oslin J, Mitchell S, Griffin L (1998). The game performance assessment instrument (GPAI): Development and preliminary validation. *Journal of Teaching in Physical Education*, 17:231-43.
- Parinella J, Zaslow E (2004). *Ultimate. Techniques & tactics*. USA: Human Kinetics.
- Pavely S, Adams R, Di Francesco T, Larkham S, Maher C (2009). Execution and outcome differences between passes to the left and right made by first-grade rugby union players. *Physical Therapy in Sport*, 10: 136-41.
- Purves D, Augustine G, Fitzpatrick D, Hall W, La Mantia AS, McNamara J, Williams S (2008). *Neurociencia* (3ªed). España: Médica Panamericana.
- Real Academia de la Lengua (2001). *Diccionario de la Lengua Española* (22ª edición). Madrid: Espasa Calpe.
- Ramírez W (2007). *La neurocognición en los procesos de entrenamiento deportivo*. Colombia: Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia. Memorias Expomotricidad 2007.



- Reynolds K, Halsmer S (2006). Injuries from Ultimate Frisbee. *Wisconsin Medical Journal*. 105(6):46–9.
- Romero L, Ureña D, Salas J, Sánchez B (2011). Perfil del rendimiento técnico del equipo tetracampeón de la Liga Superior de Baloncesto en Costa Rica. *Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*. 2(8).
- Smith MJ, Greenlees I, Manley A (2009). Influence of order effects and mode of judgement on assessments of ability in sport. *Journal of Sports Science*, 27(7):745-52.
- Solana E, Poca M, Sahuquillo J, Benejam B, Junqué C, Dronavalli M (2010). Cognitive and motor improvement after retesting in normal-pressure hydrocephalus: a real change or merely a learning effect? *Journal of Neurosurgery*, 112(2):399-409.
- Soprano A (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología*, 37(1):44-50.
- Stran M, Curtner-Smith M (2010). Impact of different types of knowledge on two preservice teachers' ability to learn and deliver the Sport Education model. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 15(3):243-56.
- Tejada C (2009). *Ultimate Frisbee: Metodología del entrenamiento*. Colombia: VIREF Biblioteca Virtual de Educación Física.
- Tejada C (2012). The effect of training using the comprehensive method in ultimatefrisbee. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(46):329-48.
- Tyler J, Darst P, Brusseau T (2006). “Got Disc?” The “Ultimate” Experience in Physical Education. *Journal of Physical Education Recreation & Dance*, 77(9).
- Universidad EAFIT (2012). *Torneo Ultimate de Oro*. Colombia: La Universidad.



Watson D, Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6): 1063-70.

WFDF (2012). *Member Associations Census Results*. USA: WFDF.

Yen L, Gregory A, Kuhn J, Markle R (2010). The Ultimate Frisbee injury study: The 2007 players association college championships. *Clinic Journal of Sport Medicine*, 20(4):300-5.



Influencia de diferentes formas de representación de un videomodelo en el aprendizaje de una técnica de lanzamiento compleja

Influence of different forms of representation of a video model in learning of a complex throwing technique

Andreas Bund³
Saeed Ghorbani⁴

Resumen

El aprendizaje observacional es una forma clásica de enseñanza y aprendizaje en el deporte y se basa en el principio de demostración e imitación de una habilidad motriz. Una pregunta central en cuanto al aprendizaje observacional es ¿qué informaciones son transmitidas con el modelo y su comportamiento o qué informaciones son extraídas por el observador? Scully y Newell (1985), en su "teoría de la percepción visual", asumen que, sobre todo, son transmitidas informaciones del *movimiento relativo*, al que definen como cambios espacio-temporales en una articulación o extremidad del cuerpo en relación con la otra. Desde esta teoría se puede deducir que las demostraciones tendrían que ser particularmente eficaces, cuando con ellas la estructura relativa

³ Profesor Doctor. Universidad de Luxemburgo.

⁴ Profesor Doctor. Universidad de Oldenburgo, Alemania.



de un movimiento se hace más visible, por ejemplo, a través de videos de puntos de luz (Point-light) o figura de palillo (Stick-figure). Esta hipótesis fue probada en un estudio en el que 41 participantes practicaron el lanzamiento de beisbol con ayuda de un video clásico, video puntos de luz (Point- light), video figura de palillo (Stick-figure) o sin video. Los participantes realizaron un pre-test, tres bloques de práctica y un test de retención temprana y tardía. El progreso del aprendizaje fue medido a través de los análisis cinemáticos de la coordinación intralímbica e interlímbica. La hipótesis no pudo ser verificada. Los análisis no revelaron ningún beneficio significativo para aquellos participantes que habían practicado con los videos puntos de luz (Point-light) o figura de palillo (Stick-figure). Los resultados son discutidos con respecto a la teoría de la percepción visual y el método de nuestra investigación.

Abstract

Based on the principle of demonstration and imitation of motor skills, observational learning is a classical method of teaching and learning in the field of sports. A pivotal question regarding to observational learning is which type of information is transmitted by the model and his behavior or, in other words, which information is extracted by the observer. In the "visual perception theory", Scully and Newell (1985) assume that mainly *relative movement*-information is transmitted. As "relative movement" they de-fine spatio-temporal changes in a joint or limb relative to another. According to this theory, demonstration which point out information about the relative structure of a motor skill, e.g., point-light- and stick-figure videos, should be particularly effective. This hypothesis was examined in a study, in which 41 participants practiced



the baseball pitch supported by a classic video, point-light video, stick-figure video, or without video. Participants completed a pretest, three blocks of practice, and an early and delayed retention test. Learning was assessed using kinematic analyses of intra- and interlimb coordination. Overall, the hypothesis was not confirmed. The analyses revealed no significant benefit for participants who had practiced with the point-light- or stick-figure video. The results are discussed with regard to the visual perception theory and the method of our investigation.

1. Introducción

La forma clásica de enseñanza y aprendizaje en el deporte se basa en el principio de demostración e imitación de una habilidad motriz. En la educación física escolar una profesora demuestra a sus alumnos como es el lanzamiento en baloncesto y en el deporte de rendimiento un entrenador de natación muestra a los deportistas el ángulo en el que el brazo debe ser sumergido en el agua. Ambos, profesora y entrenador, actúan en estas situaciones como modelos, cuyo comportamiento debe ser observado y reproducido con la mayor precisión posible. Por lo tanto se habla de un aprendizaje observacional o aprendizaje social.

No es raro que alguien actúe como modelo inadvertidamente; por ejemplo, cuando los jóvenes se observan mutuamente al montar patineta. En el aprendizaje observacional, organizado intencionalmente, se pueden perseguir distintos objetivos. Por ejemplo, la meta puede ser transmitir una estrategia de acción para la solución de una tarea motriz específica. Así demuestran los entrenadores de fútbol frecuentemente a los jugadores los caminos para encontrar el espacio libre. O se



demuestra cómo se puede integrar una parte del movimiento en el movimiento global, por ejemplo, el regreso de la raqueta en el saque de tenis.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, y especialmente en el contexto del entrenamiento de la técnica, el objetivo de la demostración de un movimiento es, simplemente, enseñar al deportista la estructura espacio-temporal correcta del movimiento. En todos los casos el proceso de aprendizaje debe favorecer que la meta de aprendizaje se alcance más rápidamente.

Especialmente en el deporte de rendimiento se usan frecuentemente grabaciones de video. Ellas tienen la ventaja que la demostración de los movimientos mantienen la misma calidad y pueden repetirse sin límite. De hecho, parece no importar si el modelo se presenta como persona real o por medio de videograbación. Una variante especial es el "propio modelo" (self-modeling), donde el deportista mismo es capturado en el video, para que luego vea la grabación. De esta manera él es modelo y observador al mismo tiempo.

Un significado central para el aprendizaje observacional es la pregunta, ¿qué informaciones son transmitidas con el modelo y su comportamiento o qué informaciones son extraídas por el observador? Esta pregunta se responde de manera diferente según la perspectiva teórica. Según Bandura (1986), en su "teoría de los cuatro procesos", el observador tiene que dirigir su atención al modelo y su comportamiento. Esto depende, por un lado, del propio modelo; estudios demuestran que, por ejemplo, la experiencia, el estrato social y el género juegan aquí un papel importante (Clark & Ste Marie, 2002;



Meaney & col., 2005). Por otro lado, determinan naturalmente las características del comportamiento del modelo –en nuestro caso, la demostración del movimiento– la duración e intensidad de la atención. ¿Con qué claridad es mostrado el movimiento? ¿Son ciertos aspectos del movimiento destacados? En un estudio frecuentemente citado, Carroll y Bandura (1990) fueron capaces de mostrar que, tanto la repetición de la demostración, como también señales verbales adicionales, resultan en una reproducción del movimiento más precisa. En demostraciones de video, las repeticiones en cámara lenta son más efectivas que las repeticiones estándar (Daugis & col., 1989).

Por el contrario, Scully & Newell (1985) y Scully & Carnegie (1998) enfocan en su "teoría de la percepción visual" más en la demostración del movimiento por sí mismo que en la relación entre modelo y observador. Asumen que, durante una demostración, son transmitidas sobre todo informaciones del *movimiento relativo* de los diferentes segmentos corporales. Como "*movimiento relativo*" definen Scully & Newell (1985) cambios espacio-temporales en una articulación o extremidad del cuerpo en relación con la otra. Esto puede referirse a una sola extremidad ("intra-límbica"; por ejemplo, articulación del hombro y del codo del brazo derecho) o varias extremidades ("inter-límbica"; por ejemplo, articulación del hombro y de la cadera). La percepción de esta información sucede directamente, es decir, no hay un procesamiento cognitivo anterior. Con esto Scully & Newell (1985) se relacionan con la teoría de percepción de Gibson (1979) y los trabajos de Johansson (1973, 1975) sobre la percepción del movimiento biológico, y delimitan, al mismo tiempo, con la "teoría de los cuatro procesos" de Bandura. En esta teoría, las informaciones son extraídas desde la demostración sobre el "desvío" de una representación



cognitiva y por subsiguiente eficaces para la reproducción del movimiento.

Desde la teoría "percepción visual" se puede deducir que las demostraciones tendrían que ser particularmente eficaces cuando, con ellas, la estructura cinemática relativa de un movimiento se hace más visible. Esto puede suceder a través de formas de representación específicas como, por ejemplo, videos de puntos de luz (Point-light) o figura de palillo (Stick-figure), que son conocidos desde la investigación sobre el movimiento biológico. En comparación, videos clásicos deberían ser menos efectivos, porque muestran el modelo completamente y de esta forma desvían la atención del observador de la estructura relativa del movimiento.

Estas suposiciones fueron probadas en los últimos años en varios experimentos. Breslin & col. (2005) dejaron practicar a sus participantes un lanzamiento en Cricket con ayuda de un video-modelo clásico o un modelo de puntos de luz (Point-light). Al contrario de la suposición de la teoría de la "percepción visual", ambas formas de representación apoyaron igualmente el aprendizaje de la coordinación intralímbica del brazo lanzador, es decir, no hubo diferencias significativas entre los dos grupos de estudio. En dos estudios siguientes (Breslin & col., 2006; Breslin & col., 2009), con la misma tarea de movimiento se mostraron ventajas para la representación puntos de luz (Point-light) de todo el cuerpo o del brazo lanzador en comparación con los videos, para los cuales se veía – también como puntos de luz (Point-light) – sólo la articulación de la mano del brazo lanzador o ambas articulaciones de la mano. Un video "normal" no se incluyó en este estudio.



En resumen, hay que constatar que la suposición de la teoría de la "percepción visual", según la cual una demostración de un movimiento transmite sobre todo informaciones relativas del movimiento, hasta el momento no se ha podido confirmar. En particular falta constatar si las formas de representación que destacan dicha información resultan de hecho en un aprendizaje observacional más efectivo, que aquellas formas de representación que no lo hacen. Esta hipótesis debe ser probada en el siguiente estudio una vez más, ahora mediante un lanzamiento de beisbol. En una extensión de los estudios anteriores, tomamos en cuenta no solo la representación clásica y la representación de puntos de luz (Point-light) sino también un modelo figura de palillo (Stick-figure). El progreso del aprendizaje de los participantes fue medido como la aproximación de la coordinación del modelo, por un lado, a través de un análisis cinemático, y por otro lado a través de una valoración de expertos. Los análisis fueron realizados tanto a nivel del movimiento global como a nivel de las diferentes fases del lanzamiento.

Según la teoría de la "percepción visual", suponemos que las representaciones puntos de luz (Point-light) y figura de palillo (Stick-figure) conducen a resultados del aprendizaje superiores comparados con la representación clásica.

2. Método

2.1 Participantes

En total 41 adultos jóvenes ($M = 24.2$ años, $SD = 3.3$ años) –21 mujeres y 20 hombres–, tomaron parte libremente y sin ánimo de lucro en la investigación. En un cuestionario que fue entregado con anterioridad



escribieron ser diestros y que no tenían ninguna experiencia con el lanzamiento de beisbol.

2.2 Grupos de estudio

Los participantes practicaron el lanzamiento de beisbol con ayuda de un video, donde un experto demuestra el lanzamiento. Los participantes fueron separados aleatoriamente en cuatro grupos (con aproximadamente el mismo porcentaje de hombres y mujeres):

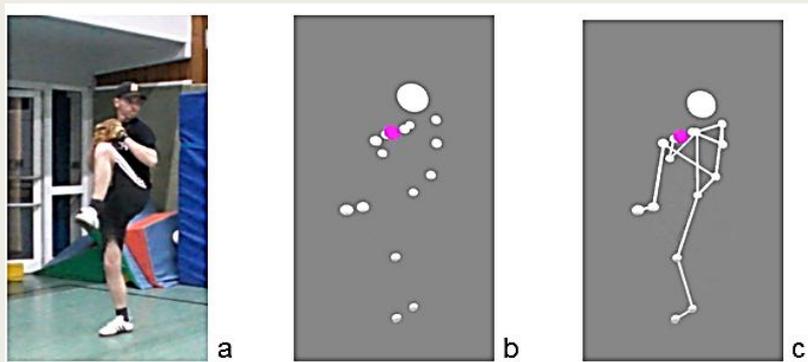
- *Video (VI)*: los participantes de este grupo vieron un video normal, sin ninguna preparación.
- *Point-light-Video (PL)*: los participantes de este grupo vieron un video, donde el movimiento del experto fue presentado con puntos de luz en las articulaciones.
- *Stick-figure-Video (SF)*: Para los participantes de este grupo, los puntos fueron unidos entre sí por rayas y el experto fue presentado como una figura de palillo.
- *Ningún video (NV)*: los participantes de este grupo no vieron ningún video y por eso tomaron la función de grupo de control.

La figura 1 muestra imágenes fijas de cada una de las diferentes formas de representación. Como videomodelo actúa un experimentado jugador de beisbol de 28 años, que juega en la segunda liga de Alemania. Para el video él realizó un lanzamiento de beisbol, que fue grabado desde el plano frontal y sagital por cuatro cámaras sincronizadas de alta frecuencia (120 Hertz). Al experto se le pegaron marcas reflectivas, bilateralmente, en 7 articulaciones del cuerpo (hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla, tobillo, dedo del pie), para que, con ayuda del Software Simi Motion 5.0™ se pudiera digitalizar la grabación. Más tarde se utilizó



dicha grabación para la producción de los videos Point-light y Stick-figure. Los videos empiezan y finalizan iguales, con una duración exacta de 4 segundos, así que solamente se diferencian en la forma de representación del modelo.

Figura 1. Imagenes fijas de los videos: a) Video normal, b) Video puntos de luz (Point-light), c) Video figura de palillo (Stick-figure).



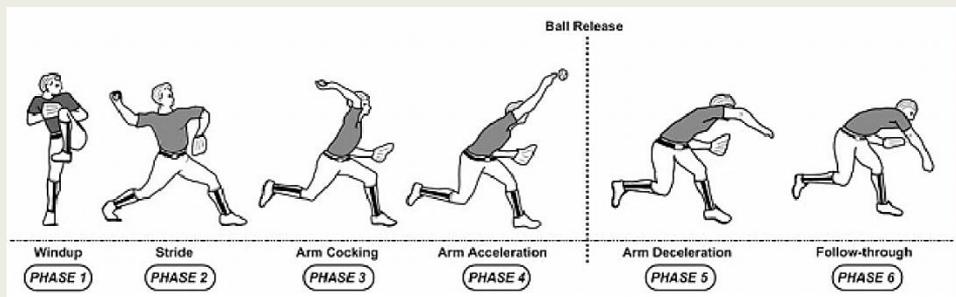
2.3 Tarea de movimiento

El lanzamiento de beisbol fue seleccionado como la tarea a realizar, porque se trata de un movimiento complejo y dinámico que requiere un alto nivel de coordinación. Particularmente requiere del lanzador la coordinación de miembros separados como, por ejemplo, el brazo lanzador (coordinación intralímbica) junto con varios miembros al mismo tiempo (coordinación interlímbica). La calidad de la coordinación intra e interlímbica se pueden utilizar para valorar el progreso del aprendizaje del participante. Además, el lanzamiento de beisbol tiene una fase estructural clara (figura 2): de la posición inicial sigue el movimiento de viento-arriba (fase 1; "Wind-up") y el cuerpo, con un



movimiento de martillo, se gira en la dirección del lanzamiento (fase 2; "Stride"). Después el brazo lanzador se dirige por primera vez hacia adelante (fase 3; "Arm cocking") y se acelera crecientemente (fase 4; "Arm acceleration"). Por último, el movimiento se desacelera (fase 5; "Arm deceleration") y el brazo se mueve hacia el centro del cuerpo (fase 6; "Follow-through"). Así es posible analizar no solo el movimiento desde una perspectiva global sino también a nivel de las diferentes fases.

Figura 2. Fase estructural del lanzamiento de beisbol.



2.4 Procedimiento

A los participantes se les realizó un test individual en el laboratorio de la Universidad de Oldenburg (Alemania). Después de que un participante entró en el laboratorio, se le entregó una hoja informativa sobre el objetivo y el procedimiento de la investigación. Luego rellenó un cuestionario en el cual fueron registrados datos personales como: edad, sexo, lado dominante así como experiencias previas con el lanzamiento



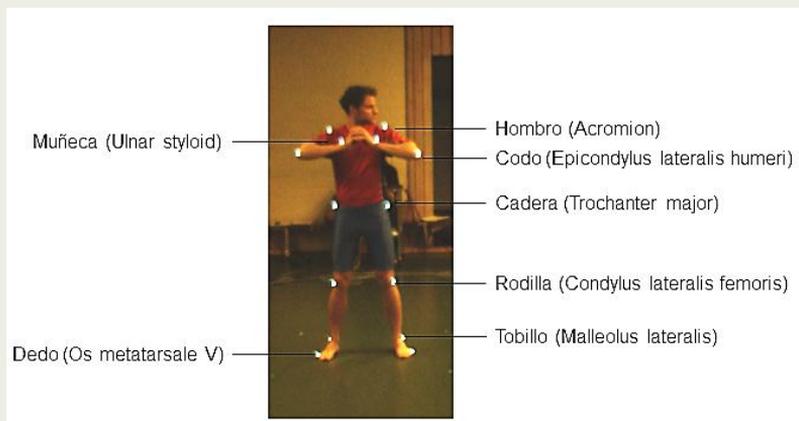
de beisbol⁵. A continuación se les entrego información –de nuevo por escrito– sobre el lanzamiento de beisbol, con la solicitud de que las leyera cuidadosamente. Contenía una serie de imágenes (figura 2) así como un texto corto, donde se nombraron las características principales de las seis fases del movimiento. Finalmente el participante fue instruido para realizar el lanzamiento como se veía en el video, o sea, tratar de imitar el movimiento del experto lo más exacto posible. El lanzamiento no tenía ningún blanco específico y tampoco debería ser realizado con mucha fuerza. Para estar seguro de que todos los participantes empiezan la investigación con el mismo nivel de información, el investigador no respondió ninguna pregunta sobre el lanzamiento de beisbol.

Después de la fase de instrucción se le fijaron a los participantes las marcas reflectivas en las mismas articulaciones que al experto (figura 3). Así, se pudieron también grabar y digitalizar los lanzamientos de los participantes, para luego poder compararlos con el movimiento del experto.

⁵ Participantes que tuvieran experiencia previa no fueron tomados en cuenta en la investigación. Pero debido a la poca propagación del beisbol en Alemania fue el caso sólo para dos participantes.



Figura 3. Marcas reflectivas en las articulaciones.

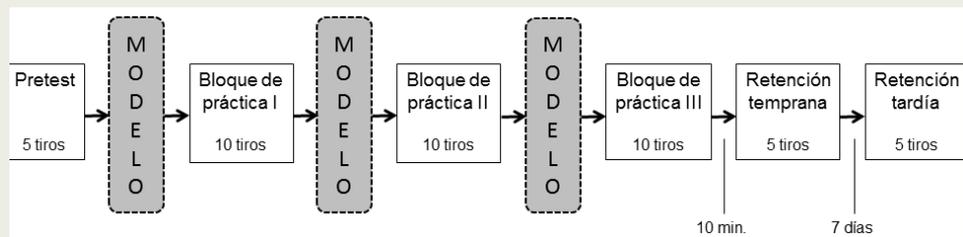


El procedimiento posterior de la investigación es descrito esquemáticamente en la figura 4; con el fin de que los participantes se familiarizaran con el proceso de investigación, y principalmente con las marcas, se realizaron dos lanzamientos de prueba. El lanzamiento se realizó desde una zona de aproximadamente 1.1 x 2.1 metros, demarcada en el suelo. Después del pretest con 5 lanzamientos, los participantes ejecutaron en total 3 bloques de práctica a 10 lanzamientos. Antes de cada bloque de práctica vieron el video del experto tres veces en un portatil de 17.3" pulgadas, dependiendo de su grupo lo vieron en forma de video normal, puntos de luz (Point-light) o figura de palillo (Stick-figure). Al grupo control no se le presentó video. Antes de la primera fase del video, el investigador le recordó a los participantes que el lanzamiento presentado en el video fue realizado por un excelente jugador y que deberían tratar de ejecutar el movimiento lo más exacto posible. Además, no hizo comentarios sobre el video y tampoco hizo retroalimentaciones para los lanzamientos siguientes.



Los intervalos entre los bloques de práctica fueron de tres minutos para todos los grupos. Para medir el progreso de aprendizaje de los participantes se realizaron los tests de retención temprana y tardía a 5 lanzamientos diez minutos y siete días respectivamente después de finalizado el último bloque de práctica. En estos tests, los participantes no vieron video y no recibieron retroalimentación.

Figura 4. Procedimiento de investigación.



2.5 Variables dependientes

Las variables dependientes del estudio representan el progreso de los participantes en el aprendizaje del lanzamiento de béisbol. Así, por un lado la coordinación intra e interlímica fue comparada con la del experto y, por otro lado, hubo una valoración de expertos sobre los videos de los participantes, que fueron grabados en el pretest, los bloques de práctica y los dos tests de retención. Todos los análisis se llevaron a cabo, tanto a nivel del movimiento global, como a nivel de las seis fases del movimiento.



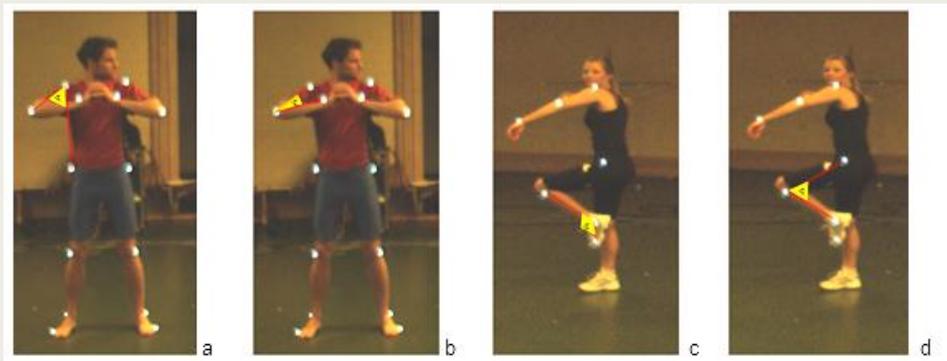
2.5.1 Coordinación intra- e interlímica

El término "coordinación intralímica" se refiere a la coordinación de una sola extremidad del cuerpo, en el contexto de un movimiento global, como, por ejemplo, el de un brazo. En el lanzamiento de beisbol es interesante, por un lado, el brazo lanzador y, por otro, la pierna izquierda (para los diestros) con el que el movimiento viento-arriba, el movimiento de martillo y la desaceleración del movimiento se realizan. La medición de la coordinación intralímica se realiza a través del análisis cinemático de dos ángulos de la extremidad: para el brazo lanzador, el ángulo del hombro y del codo (coordinación intralímica del brazo lanzador) y, para la pierna de apoyo, el ángulo de la rodilla y del pie (coordinación intralímica de la pierna de apoyo). En ambos casos fue considerada la cinemática relativa de los ángulos pares, es decir, el cambio espacio-temporal que tuvieron entre sí en el curso del movimiento.

La coordinación interlímica describe, por el contrario, la coordinación de dos o más extremidades. En el lanzamiento de beisbol se debe mover, coordinadamente, tanto la parte superior como inferior del cuerpo. Por se escogió el ángulo del codo del brazo lanzador y el ángulo de la rodilla de la pierna de apoyo. El objeto de análisis fue, nuevamente, el cambio espacio-temporal de estos dos ángulos y, por lo tanto, el movimiento relativo de los respectivas extremidades corporales.



Figura 5. Coordinación intralímbica del brazo lanzador: cambios relativos en el ángulo del hombro (a) y ángulo del codo (b). Coordinación intralímbica de la pierna de apoyo: cambios relativos del ángulo de la rodilla (c) y ángulo del pie (d).



La desviación de la coordinación intra e interlímbica de los participantes, en comparación con la del experto, fue determinada con ayuda de "Normalised Root Mean Square"; *NoRM-D*, que cuantifica, para un número definido de imágenes de video, la diferencia media entre los participantes y el experto, referente a la posición de unos pares de ángulos en el espacio (por ejemplo, ángulo del hombro y del codo para la coordinación intralímbica del brazo lanzador). La comparación se hace para cada imagen de video, así que cada imagen genera un punto de datos. Mientras más pequeña es la *NoRM-D*, tanto menor es la desviación de la coordinación intra e interlímbica de los participantes con respecto a la coordinación del experto y mayor es el progreso de aprendizaje de los participantes. Una descripción detallada de cómo se calcula la *NoRM-D* se puede encontrar en Bartlett & Bennett (2001).



El cálculo de la NoRM-D requiere que todos los videos, tanto de los participantes como del experto, tengan el mismo número de imágenes. Inicialmente no fue el caso, ya que los movimientos de lanzamiento fueron ejecutados por los participantes intra e interindividualmente con diferente rapidez. Por eso se utilizó la función de “Normalización” en el Software Simi Motion 5.0™ para estandarizar, por medio de una interpolación lineal, el número de imágenes, y por lo tanto los puntos de datos, en 250 imágenes por movimiento global. La distribución de los puntos de datos en las imágenes durante las seis fases del lanzamiento de beisbol, resulta de la duración absoluta de las fases, que a su vez fueron determinadas mediante la definición de los puntos de inicio y fin. En la tabla 1 se presenta toda la información sobre este paso.



Tabla 1. Puntos de inicio y fin de las seis fases del movimiento y la duración de las fases y puntos de datos resultantes.

Fase		Punto de inicio y fin	Duración fase	Puntos de datos
	1 Viento-arriba "Wind-up"	Punto de inicio: Pie izquierdo se libera del suelo Punto final: Rodilla izquierda en el punto más alto	1.072	100
	2 Martillo "Stride"	Punto inicial: Rodilla izquierda en el punto más alto Punto final: El martillo finaliza, brazo lanzador atrás	0.958	90
	3 Erección brazo lanzador "Arm cocking"	Punto inicial: El martillo finaliza, brazo lanzador atrás Punto final: Brazo lanzador totalmente erigido	0.168	15
	4 Aceleración brazo lanzador "Arm acceleration"	Punto inicial:: Brazo lanzador totalmente erigido Punto final: Pelota sale de la mano	0.093	10
	5 Desaceleración brazo lanzador "Arm deceleration"	Punto inicial: Pelota sale de la mano Punto final: Brazo lanzador alcanza el centro del cuerpo	0.075	10
	6 Decaimiento brazo lanzador "Follow-through"	Punto inicial: Brazo lanzador alcanza el centro del cuerpo Punto final: Brazo lanzador completamente caído	0.236	25
	Movimiento global		2.602	250



Para reducir la cantidad de datos, los análisis cinemáticos fueron limitados a los lanzamientos en el pretest, en los tests de retención y en los tres primeros lanzamientos de cada bloque de práctica. De esta manera fueron analizados y comparados con el movimiento del experto 24 lanzamientos: 15 lanzamientos del pretest y de los tests retención temprana y tardía, más 9 lanzamientos de los bloques de práctica.

2.5.2 Valoración de los expertos

La valoración fue realizada por dos jugadores y entrenadores activos de beisbol, con muchos años de experiencia (28 y 32 años), que recibieron una remuneración. Después de que los expertos se pusieron de acuerdo en la forma de valorar los videos, los vieron independientemente y de forma aleatoria. La valoración fue hecha por medio de un formulario de evaluación, desarrollado especialmente para este estudio. Para el análisis cinemático fueron 24 lanzamientos por participante. Los videos fueron digitalizados como datos AVI, fueron guardados en dos USB-Sticks y los expertos pudieron llevárselos a sus casas. En cada memoria, por lo tanto, se encontraban 984 archivos (24 lanzamientos x 41 participantes). Los archivos fueron nombrados solamente con un número de código, de modo que los expertos no pudieran reconocer a cuál de los grupos de estudio pertenecía el participante o si se trataba de un lanzamiento del pretest, de la fase de práctica o de los test de retención. Los expertos escribieron estos códigos en los formularios para que después fuera posible asignarles el grupo y la fase de estudio.

El formulario fue desarrollado en forma conjunta con los dos expertos y toma en cuenta la diferenciación del lanzamiento en seis fases. Para cada fase fueron formulados dos a cuatro criterios de evaluación, los



cuales fueron respondidos en una escala de 0 (no cumplió) hasta 3 (cumplió). Un criterio para la fase de viento-arriba fue, por ejemplo, "Cuerpo es lateral en dirección del lanzamiento", un criterio para la fase de aceleración fue "Brazo lanzador se mueve rápidamente en la dirección del lanzamiento y se estira". Otros criterios se relacionan con el movimiento global: "Movimiento está completamente balanceado" y "Movimiento se realiza con fluidez". El formulario contiene, en general, 21 items, por lo que la evaluación de un lanzamiento puede fluctuar entre 0 y 63 puntos.

2.6 Análisis estadístico

Los rendimientos de los participantes en el pretest fueron probados en dos 2 (grupos de estudio) x 2 (género) análisis de varianza separados con la NoRM-D y la valoración del experto como variables dependientes. Las comparaciones Post hoc se realizaron aquí, como en los demás análisis, con el Scheffé-Test. El desarrollo del rendimiento en los bloques de práctica fue analizado en dos 2 (grupos de estudio) x 2 (género) x 3 (bloques de práctica), análisis de varianza con repetición de medida en el último factor y nuevamente con la NoRM-D y la valoración del experto como variables dependientes. El análisis del rendimiento de los participantes en los tests de retención temprana y tardía se hizo por un lado en 4 (grupos de estudio) x 2 (género) análisis de varianza, por otro lado en 4 (grupos de estudio) x 2 (género) x 2 (test de retención temprana y tardía), análisis de varianza con repetición de medida en el último factor, para descubrir un posible desarrollo diferencial del test de retención temprana al test de retención tardía. La NoRM-D, así como la valoración del experto, se tomaron también en estos análisis como variables dependientes. Como probabilidad de error fue tomada en



todos los casos $p < .05$. Para los efectos significativos fue calculada la η^2 parcial (η_{par}^2) como la medida del efecto.

3. Resultados

A continuación se presentan únicamente los resultados de la coordinación intralímbica e interlímbica. Por razones de espacio, el foco se centra en el movimiento global. Además, los resultados sobre la influencia del género serán por el momento excluidos. La valoración de los expertos todavía no ha terminado, por lo tanto los resultados no están aún disponibles.

3.1 Coordinación intralímbica del brazo lanzador (ángulo del hombro y del codo)

¿Qué tan bien resultó la coordinación del brazo lanzador de los participantes en los diferentes grupos – medidos a través de variaciones relativas del ángulo del hombro y del codo – comparada con la del experto?

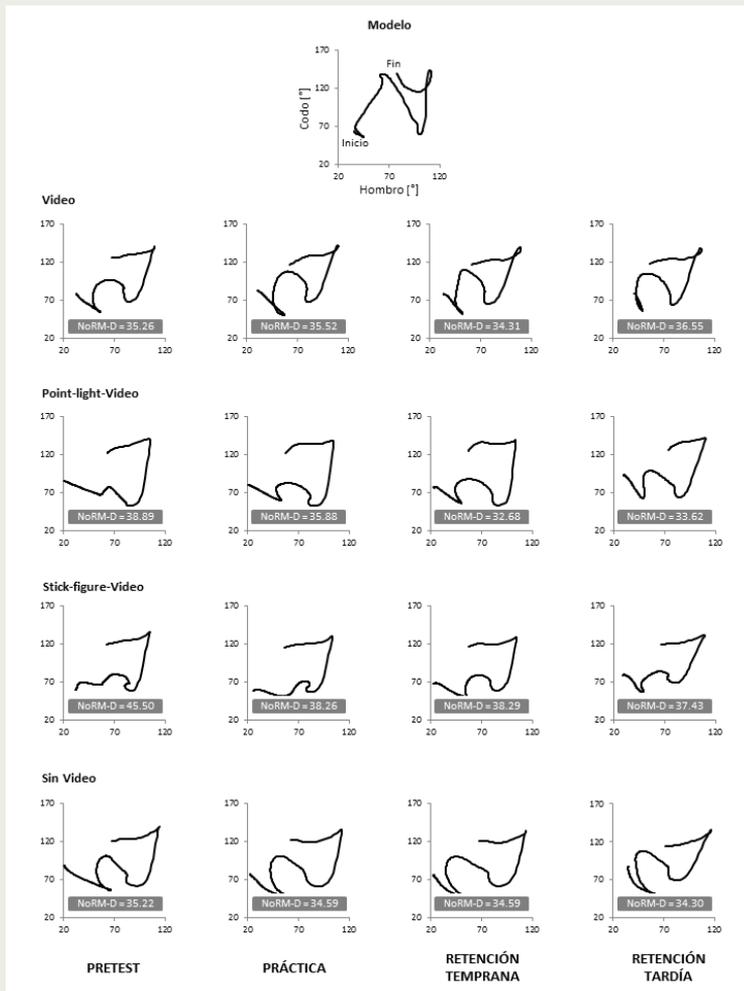
La figura 6 muestra una serie de gráficas ángulo-ángulo del movimiento del brazo lanzador del experto (arriba) y el promedio del movimiento del brazo lanzador de los participantes de los cuatro grupos de estudio (de arriba a abajo) en el pretest, los bloques de práctica y los tests de retención temprana y tardía (de izquierda a derecha). Las gráficas se leen de la siguiente manera:



El experto inicia el lanzamiento con un ángulo en el hombro de ca. 35° y un ángulo en el codo de ca. 60° . Al final del movimiento está el hombro ca. 80° alejado del torso y el codo con ca. 140° fuertemente estirado. Por el contrario, los participantes en el video grupo comenzaron el lanzamiento en el pretest, en promedio, con un ángulo en el hombro de ca. 30° y un ángulo de casi 80° en el codo y terminaron el movimiento con un ángulo de ca. 60° y 120° respectivamente. Además, los valores NoRM-D están incluidos en las gráficas; ellos expresan la diferencia entre la coordinación de los participantes y la del experto de manera numérica (para recordar: mientras más pequeño es el valor NoRM-D, menor es la diferencia).



Figura 6. Coordinación intralímbica del brazo lanzador: variaciones relativas del ángulo del hombro y del codo para el experto (arriba) y para los participantes de los cuatro grupos (de arriba a abajo) en el pretest, los bloques de práctica y los test de retención temprana y tardía (de izquierda a derecha).





Las gráficas ángulo-ángulo en la figura 6 ilustran lo siguiente:

1. La coordinación del brazo lanzador de los participantes en todos los grupos de estudio difiere visiblemente de la coordinación del experto.
2. Esta desviación disminuye con el aumento de la práctica, es decir, la coordinación del brazo lanzador de los participantes se acerca en todos los grupos de estudio a la coordinación del experto. Esto se reconoce tanto ópticamente como también en los valores NoRM-D, que se reducen tendencialmente.
3. La coordinación del brazo lanzador de los participantes se diferencia ópticamente en cuanto al grupo de estudio; los valores NoRM-D indican por el contrario pequeñas diferencias entre los grupos de estudio.

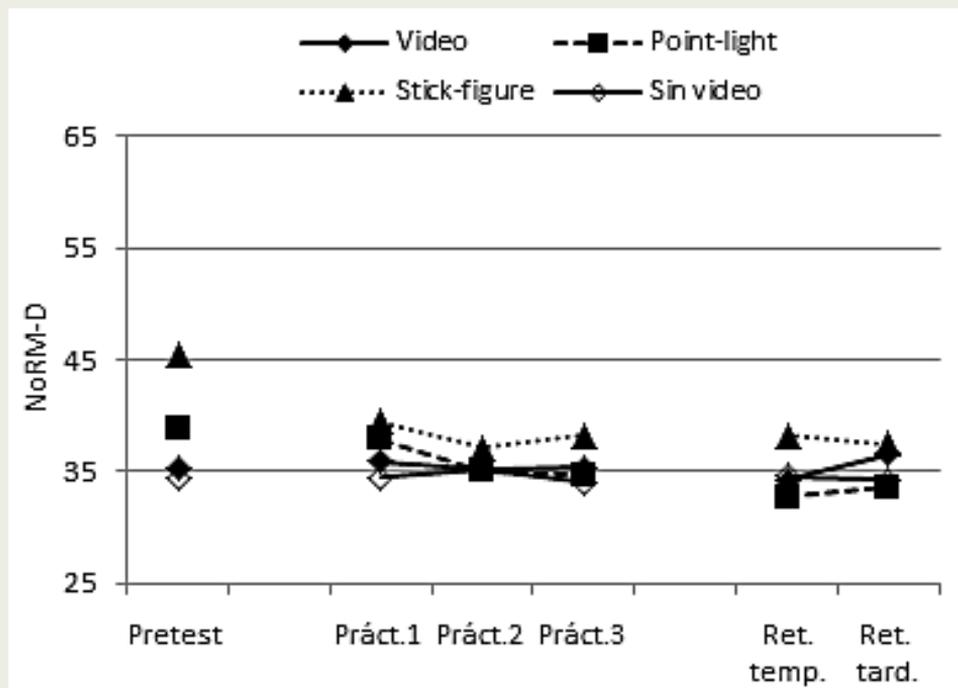
Los análisis estadísticos de la coordinación intralímbica del brazo lanzador llegan a los siguientes resultados:

En el pretest no hubo diferencia entre los grupos de estudio, $F = 1.76$, $p > .1$. Esto es válido también para los bloques de práctica, $F = 0.26$, $p > .1$. Los participantes tampoco pudieron aproximar su coordinación a la coordinación del experto en los bloques de práctica, $F = 1.66$, $p > .1$. Esto ocurrió anteriormente en mayor escala, es decir, desde el pretest al primer bloque de práctica. Un análisis de la varianza que incluye el pretest revela un efecto significativo de tiempo, $F = 4.73$, $p < .01$, $\eta_{par}^2 = .17$. Los análisis de los tests de retención indican de nuevo que no hay diferencia significativa entre los grupos de estudio, $F = 0.70$, $p > .1$ y $F = 0.38$, $p > .1$, es decir, todos los participantes alcanzaron un nivel de aprendizaje similar, independiente de cual videomodelo habían visto durante los bloques de práctica. La figura 7 representa las desviaciones



medias (NoRM-D) de los grupos de estudio desde la coordinación del experto.

Figura 7. Coordinación intralímbica del brazo lanzador, dependiendo del grupo de estudio. **Nota:** mientras más pequeño es el valor NoRM-D, menor es la desviación desde la coordinación del experto.



3.2 Coordinación intralímbica de la pierna de apoyo (ángulo de la rodilla y del tobillo)

La coordinación de la pierna de apoyo de los participantes fue medida a través del cambio relativo del ángulo de la rodilla y del tobillo y es

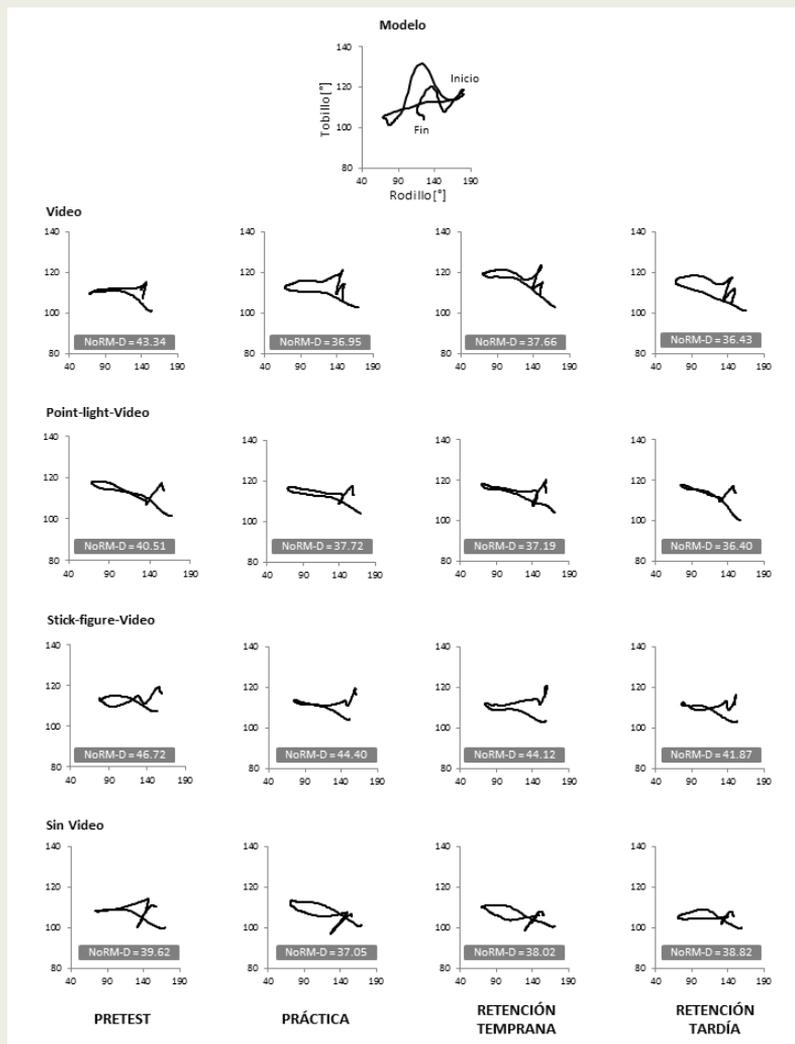


comparado en la figura 8 con el movimiento del experto. En la comparación se muestra que la coordinación de los participantes es claramente menos compleja que la del experto. Así, no se encuentra en el movimiento de los participantes, por ejemplo, el cambio de flexión y extensión en el ángulo del tobillo, que permanece durante todo del movimiento en un margen aproximado de ca. 100° hasta 120° , mientras que en el experto se extiende hasta 140° . También la variación del ángulo de la rodilla en los participantes se presenta relativamente simple; además, la rodilla está más extendida al final del movimiento que en el experto (ca. 150° contra ca. 120°). En apariencia los participantes frenan su movimiento de avance apenas sobre la pierna de apoyo y por eso no la flexionan. En resumen, las gráficas ángulo-ángulo para la coordinación intralímbica de la pierna de apoyo muestran lo siguiente:

1. La coordinación de la pierna de apoyo de los participantes difiere obviamente de la coordinación del experto. La alternancia entre flexión y extensión de los respectivos ángulos es menos compleja.
2. La desviación disminuye un poco con el aumento de la práctica tanto óptica como numéricamente (NoRM-D), es decir, los participantes logran acercarse a la coordinación del experto solo en corta medida.
3. La coordinación de la pierna de apoyo de los participantes se diferencia ópticamente muy fuerte en cuanto al grupo de estudio; los valores NoRM-D indican que los participantes del grupo figura de palillo (Stick-figure) tienen la peor coordinación de la pierna de apoyo.



Figura 8. Coordinación intralímbica de la pierna de apoyo: variaciones relativas del ángulo de la rodilla y del tobillo para el experto (arriba) y para los participantes de los cuatro grupos (de arriba a abajo) en el pretest, los bloques de práctica y los test de retención temprana y tardía (de izquierda a derecha).



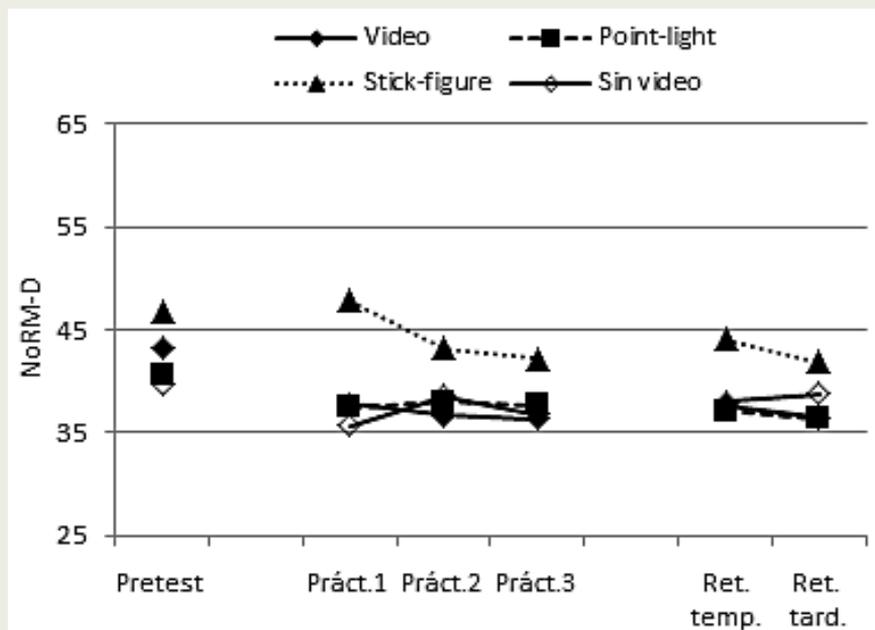


Los resultados de los análisis estadísticos corresponden con estos enunciados:

En el pretest, el movimiento de la pierna de apoyo de los participantes no se diferenció en cuanto a los grupos de estudio, $F = 1.43$, $p > .1$. Este también fue el caso en los bloques de práctica, $F = 1.42$, $p > .1$, en que los participantes, además, no pudieron mejorar significativamente su coordinación, $F = 0.92$, $p > .1$. Solamente cuando los lanzamientos en el pretest y en los bloques de práctica se consideran conjuntamente, se muestra una mejoría significativa en el rendimiento de la coordinación $F = 4.13$, $p < .01$, $\eta_{par}^2 = .29$, causado por el desarrollo positivo del pretest al primer bloque de práctica (la única excepción son solamente los participantes del grupo figura de palillo -Stick-figure-). En los test de retención temprana y tardía de nuevo no se registra diferencia grupal significativa, $F = 1.35$, $p > .1$ y $F = 1.26$, $p > .1$, así que todos los participantes alcanzaron un nivel de aprendizaje parecido. Sin embargo, en la figura 9 se puede observar que los participantes del grupo figura de palillo (Stick-figure), en los bloques de práctica así como en los tests de retención, tuvieron peores desempeños en cuanto a la coordinación de la pierna de apoyo que los participantes de los otros grupos.



Figura 9. Coordinación intralímbica de la pierna de apoyo dependiendo del grupo de estudio. **Nota:** mientras más pequeño es el valor NoRM-D, menor es la desviación desde la coordinación del experto.



3.3 Coordinación interlímbica (ángulo del codo y de la rodilla)

De particular interés es la coordinación interlímbica, que se manifiesta en las variaciones relativas del ángulo del codo derecho y del ángulo de la rodilla izquierda. Al igual que con la coordinación de la pierna de apoyo, los participantes se mueven –como muestra la figura 10– claramente con menor complejidad que el experto. Esto se aplica particularmente a las fases de lanzamiento medio, donde el brazo lanzador se erige, acelera y a continuación se desacelera. El experto

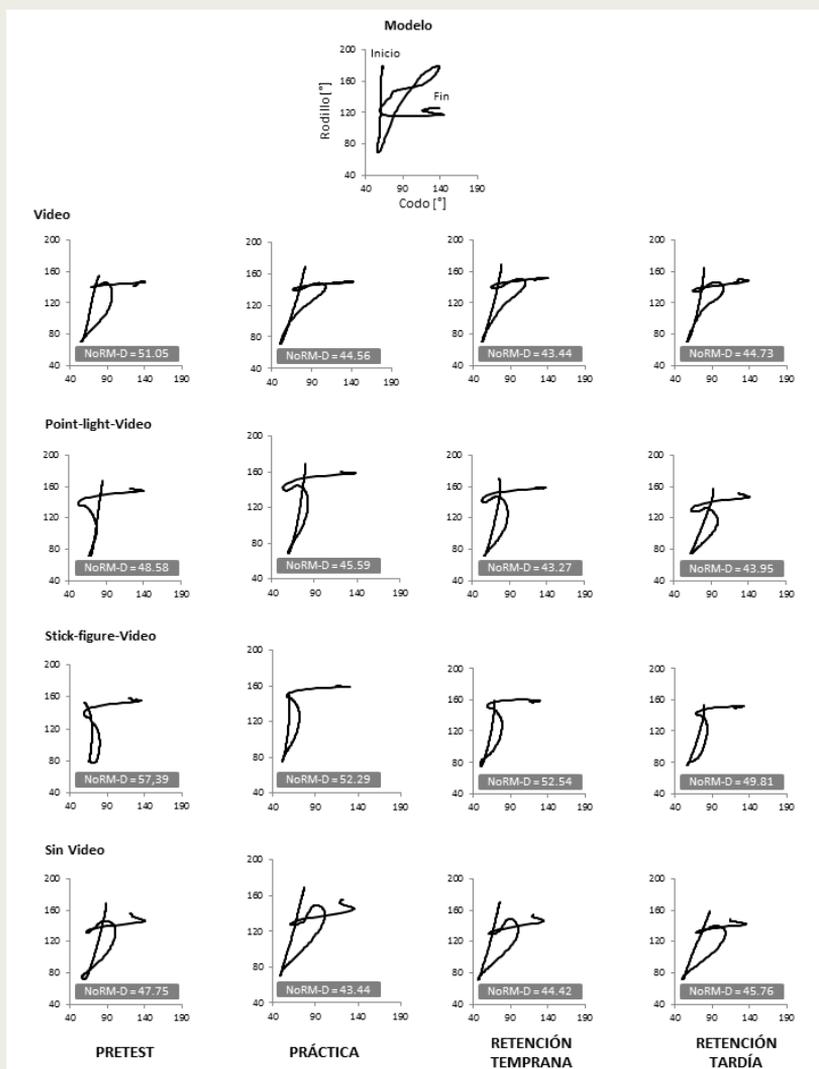


abre el codo en el movimiento de lanzamiento hasta ca. 140° , y luego en la fase de desaceleración y decaimiento primero dobla la articulación (ca. 50°) y finalmente la vuelve a estirar (ca. 140°). En forma diferente, el estiramiento del brazo lanzador de los participantes es con un máximo de 100° muy pequeño y no se observa una flexión temporal. La rodilla muestra en el experto un patrón de extensión-flexión pronunciado, que no se puede encontrar de esta forma en los participantes. La pierna de apoyo está en el lanzamiento casi completamente estirada (ca. 170°) y después del lanzamiento doblada con ca. 120° , con el fin de frenar el movimiento hacia adelante. Comparado con esto, ocurre la extensión en los participantes sólo hasta ca. $140\text{-}150^\circ$ y una flexión subsiguiente no se observa. En resumen, los siguientes puntos deben tenerse en cuenta para la coordinación interlímbica:

1. La coordinación interlímbica de los participantes difiere en todos los grupos de estudio muy claramente de la del experto. En cuanto a la alternancia entre flexión y extensión de los ángulos observados, la coordinación es menos compleja.
2. La desviación es tanto óptica como numéricamente (NoMR-D) mayor que en la coordinación intralímbica. Sin embargo, esta se reduce para todos los participantes en el transcurso del estudio.
3. La coordinación interlímbica se diferencia ópticamente entre los grupos de estudio menos que la coordinación intralímbica. Una excepción son los participantes del grupo de control.



Figura 10. Coordinación interlímica: variaciones relativas del codo y de la rodilla para el experto (arriba) y para los participantes de los cuatro grupos (de arriba a abajo) en el pretest, los bloques de práctica y los tests de retención temprana y tardía (de izquierda a derecha).





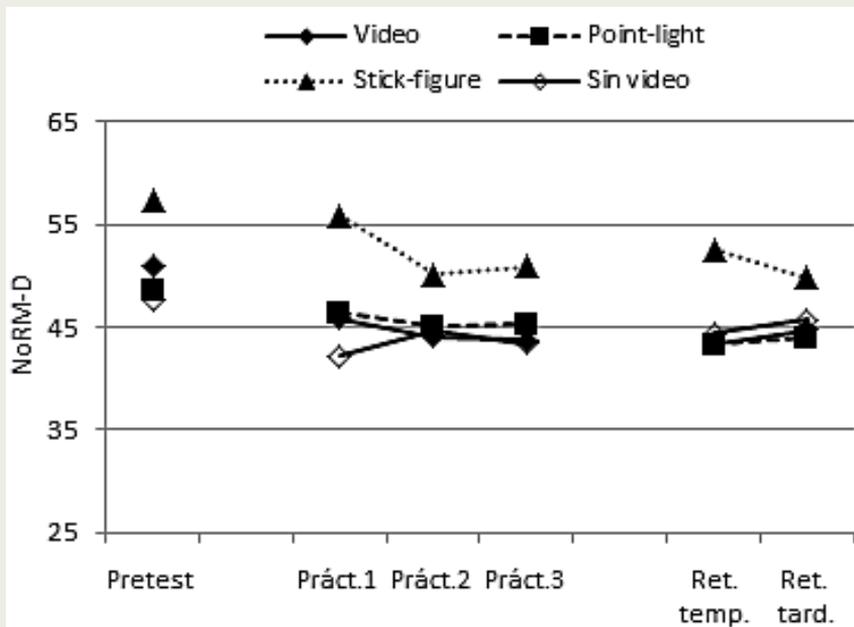
Los análisis estadísticos de los valores NoRM-D conducen a los siguientes resultados:

En el pretest no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de estudio, $F = 2.22$, $p > .1$. Esto se aplica también para los bloques de práctica, $F = 1.18$, $p > .1$, en la que los participantes tampoco se aproximaron considerablemente a la coordinación interlímica del experto, $F = 1.56$, $p > .1$. Un efecto significativo de tiempo se observa no antes de que se incluya en el análisis el pretest y los bloques de práctica, $F = 7.37$, $p < .001$, $\eta_{par}^2 = .24$, pues la mejora de la coordinación interlímica ya se consiguió desde el pretest hasta el primero y segundo bloque de práctica. Para los test de retención temprana y tardía no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de estudio, $F = 1.67$, $p > .1$ y $F = 0.80$, $p > .1$, aunque en la figura 11 el grupo figura de palillo (Stick-figure) se reconoce fácilmente como el grupo con la mayor desviación de la coordinación del experto.



Figura 11. Coordinación interlímbica dependiendo del grupo de estudio.

Nota: mientras más pequeño es el valor NoRM-D, menor es la desviación desde la coordinación del experto).



4. Discusión

El tema del presente estudio fue la revisión de una hipótesis derivada de la teoría "percepción visual" (Scully & Newell, 1985), según demostraciones en las cuales se destaca que las informaciones sobre la estructura relativa de un movimiento resultan en un aprendizaje observacional más efectivo que las demostraciones tradicionales. En resumen, hay que constatar que esta hipótesis no se pudo verificar. Los análisis cinemáticos de la coordinación intralímbica (brazo lanzador,



pierna de apoyo) como también la coordinación interlímica (codo y rodilla) no revelaron beneficio significativo para aquellos participantes que habían practicado el lanzamiento de beisbol con ayuda de los videos puntos de luz (Point-light) o figura de palillo (Stick-figure). Los participantes del grupo figura de palillo (Stick-figure) mostraron especialmente en las fases tardías del lanzamiento (aceleración, desaceleración y decaimiento del brazo) incluso un peor rendimiento que los participantes de otros grupos. Es especialmente notable que los participantes del grupo control –que de hecho no habían visto ningún video-modelo– no obtuvieron peores resultados que los participantes que fueron apoyados por un modelo; es decir, las demostraciones de video basado en el movimiento del lanzador –igual en cual forma de representación– no influyen en el proceso de aprendizaje de los participantes, al menos cuando se evalúa mediante los datos cinemáticos objetivos.

Este resultado debe plantear preguntas sobre la metodología de la investigación y particularmente sobre la representación del modelo. Aunque nos hemos orientado en estudios anteriores (por ejemplo, Breslin & col., 2005, 2006), es posible que la duración y la forma de representación del video no fueron adecuadas en cuanto a la rapidez con la que se realiza el lanzamiento, y por eso los participantes no se beneficiaron nada o casi nada. Como se describió, el video tuvo una duración de 4 segundos y fue mostrado a los participantes antes de cada bloque de práctica, sólo en tres repeticiones y con velocidad normal. Parece concebible que –teniendo en cuenta la velocidad y complejidad del lanzamiento– no fue suficiente para facilitar a los participantes la extracción de informaciones del movimiento relativo. En nuestra opinión, los estudios posteriores deberían aumentar la duración y la



frecuencia de la demostración del modelo. Además, el efecto de las demostraciones en cámara lenta se debe investigar.

Antes del inicio del estudio los participantes recibieron instrucciones sobre el lanzamiento de beisbol, incluyendo una serie de imágenes. Aunque parezca inverosímil que de una secuencia estática de imágenes se pueda obtener información sobre la estructura relativa de un movimiento, un resultado de nuestro estudio indica exactamente que todos los participantes pudieron mejorar significativamente su coordinación intra e interlímica desde el pretest hasta el primer bloque de práctica, mientras que no hubo más progresos en la fase de práctica. Eso muestra que las instrucciones iniciales tenían un impacto fuerte. En consecuencia, en estudios futuros la precisión y el volumen de estas instrucciones deberían probarse con anterioridad.



5. Referencias

- Bandura A (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Breslin G, Hodges NJ, Williams AM (2009). Effect of information load and time on observational learning. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 90:480-90.
- Breslin G, Hodges NJ, Williams AM, Curran W, Kremer J (2005). Modelling relative motion to facilitate intra-limb coordination. *Human Movement Science*, 24:446-63.
- Breslin G, Hodges NJ, Williams AM, Kremer J, Curran W (2006). A comparison of intra- und inter-limb relative motion information in modelling a novel motor skill. *Human Movement Studies*, 25:753-66.
- Carroll WR, Bandura A (1990). Representational guidance of action production in observational learning: A causal analysis. *Journal of Motor Behavior*, 22:85-97.
- Clark SE, Ste-Marie DM (2002). Peer mastery versus peer coping models: Model type has differential effects on psychological and physical performance measures. *Journal of Human Movement Studies*, 43.
- Daugis R, Blischke K, Olivier N, Marschall F (1989). *Beiträge zum visuomotorischen Lernen im Sport*. Schorndorf: Hofmann.
- Gibson JJ (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Hayes SJ, Hodges NJ, Scott MA, Horn RR, Williams AM (2007). The efficacy of demonstrations in teaching children an unfamiliar movement skill: The effects of object-oriented actions and point-light demonstrations. *Journal of Sport Sciences*, 25:559-75.



- Horn RR, Williams AM, Scott MA (2002). Learning from demonstrations: The role of visual search during observational learning from video and point-light models. *Journal of Sports Sciences*, 20:253-69.
- Johansson G (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14:201-11.
- Johansson G (1975). Visual motion perception. *Scientific American*, 232:76-88.
- Meaney KS, Griffin K, Hart MA (2005). The effect of model similarity on girls' motor performance. *Journal of Teaching in Physical Education*, 24:165-78.
- Mullineaux DR, Bartlett RM, Bennett SJ (2001). Research design and statistics in biomechanics and motor control. *Journal of Sport Sciences*, 19:739-60.
- Scully DM, Carnegie E (1998). Observational learning in motor skill acquisition: A look at demonstrations. *The Irish Journal of Psychology*, 19:472-85.
- Scully DM, Newell KM (1985). Observational learning and the acquisition of motor skills: Towards a visual perception perspective. *Journal of Human Movement Studies*, 11:169-86.



Efecto de un plan de entrenamiento basado en el método pedagogía de las situaciones, sobre la toma de decisiones de las acciones finales durante la fase defensiva de jugadoras universitarias de baloncesto

Effect of a training plan based on teaching method of situations, on decisions of actions during the defensive end of college basketball players

Liliana Gutiérrez Macías⁶

Gloria Albany Hoyos Rodríguez⁷

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del *Método Pedagogía de las Situaciones* (MPS) sobre la toma de decisiones de las acciones finales defensivas de las jugadoras de la selección de baloncesto de la Universidad de Antioquia, para lo cual se eligió como grupo experimental a la Universidad de Antioquia y como grupo control a la Universidad de Medellín. Se aplicó el estímulo en acciones defensivas 1

⁶ Licenciada en Educación Física, Especialista en Actividad Física y Salud, Magister en Motricidad y Desarrollo Humano / Línea Entrenamiento Deportivo. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. Instituto Universitario de Educación Física - Universidad de Antioquia. Colombia. ligum2@gmail.com

⁷ Licenciada en Educación Física, Especialista en Entrenamiento Deportivo, Magister en Motricidad y Desarrollo Humano / Línea Entrenamiento Deportivo. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. Instituto Universitario de Educación Física - Universidad de Antioquia. Colombia. ghoyos4@yahoo.com



contra 1, 2 contra 2, 2 contra 1 y 3 contra 2 durante diez semanas y un total de mil cuatrocientas cuarenta repeticiones. En el MPS prevaleció el progreso de las deportistas y las relaciones efectivas entre las habilidades y la toma de decisiones (Blázquez, 1986). Para la valoración de la toma de decisiones, se creó un instrumento tomando como referente un diseño existente para la fase ofensiva (Refoyo, 2001). Los resultados mostraron que el MPS produjo cambios significativos en la toma de decisiones correctas, así como la disminución en el porcentaje de toma de decisiones incorrectas para el grupo experimental. El MPS debió afectar de manera positiva y significativa la toma de decisiones, pues con las repeticiones para cada tipo de duelo durante el plan de entrenamiento, la aplicación del estímulo en cada sesión y las continuas retroalimentaciones, las jugadoras transformaron las conductas iniciales. Estos cambios sólo se pueden explicar por la modificación de las funciones en diferentes áreas cerebrales, como consecuencia de las repeticiones realizadas durante la investigación.

Palabras clave: método pedagogía de las situaciones, toma de decisiones, acciones finales defensivas.

Abstract

The study aimed to evaluate the effect of Pedagogical Method Situations (MPS) on decision-making of the final actions of the defensive players on the basketball team at the University of Antioquia, for which we chose 2 groups the University of Antioquia experimental and control the University of Medellin. Stimulus was applied defensive actions 1 vs. 1, 2 vs. 2, 2 vs. 1 and 3 vs. 2 for ten weeks and a total of one thousand four hundred forty repetitions. In the MPS prevailed progress of athletes



and effective relations between the skills and decision-making (Blázquez, 1986). For the assessment of decision-making, created an instrument, taking as reference an existing design for the offensive phase (Refoyo, 2001). The results showed that the MPS produced significant changes in making correct decisions as well as the decrease in the percentage of incorrect decisions for the experimental group. The MPS should affect positive and significant decision, because with the repetitions for each type of mourning during the training plan, the implementation of the stimulus in each session and continuous feedback, the players became the initial behavior. These changes can only be explained by the modification of the functions in different brain areas as a result of repetitions performed during the investigation.

Keywords: Method Pedagogy Situations, Decision making, defensive end actions.

1. Introducción

El estudio cobra interés debido a las escasas investigaciones que se encuentran con referencia a la táctica defensiva, e igualmente por la propuesta de un instrumento que hace el acercamiento a una defensa ideal, a partir de las decisiones correctas en situaciones reales de juego. Algunas investigaciones describen sucesos durante la fase defensiva (Ortega, Fernández & col., 2010; Ortega, Palao & col., 2010), pero no se encuentran propuestas enfocadas al diseño e implementación de planes de entrenamiento para mejorar específicamente en estas acciones, que son relevantes durante el juego y en la competencia misma.



Surge el planteamiento, diseño e intervención en cuanto a prácticas que mejoren esta fase, atendiendo así las inquietudes de los entrenadores sobre cómo acercarse más al triunfo y cómo mejorar en el entrenamiento deportivo con procesos claros para aprender, que es precisamente lo que propone el *Método Pedagogía de las Situaciones* (Blázquez, 1999).

Otro aspecto importante de esta investigación fue intentar dar claridad acerca del entrenamiento de la táctica defensiva, al proponer un instrumento de evaluación de la toma de decisiones en defensa, como propuesta inicial para su uso en el mundo deportivo con un enfoque neto hacia el entrenamiento táctico defensivo del baloncesto, aplicable a otras modalidades deportivas con características similares al baloncesto.

Objetivo

Evaluar el efecto de un plan de entrenamiento, basado en el *Método Pedagogía de las Situaciones*, sobre el proceso de toma de decisiones en acciones finales, durante la fase defensiva, en jugadoras de baloncesto de la Universidad de Antioquia.

2. Metodología

Este estudio tuvo un diseño cuasiexperimental, con dos grupos de 12 jugadoras cada uno. Ambos se eligieron de manera intencionada, buscando que fueran homogéneos. Se seleccionaron jugadoras con nivel competitivo medio-alto en la categoría universitaria y rango de edad de 18 a 25 años, que compitieran en tres torneos de las mismas



características. El grupo control fue la selección de la Universidad de Medellín y el grupo experimental la selección de la Universidad de Antioquia, a la cual se le aplicó el plan de entrenamiento basado en el *Método Pedagogía de las Situaciones*.

Se filmaron los partidos en el Regional Universitario 2012 y este fue el insumo para la pre y post prueba. Simultáneamente se realizó la estandarización de los evaluadores, de manera que, una vez obtenidos los videos de la competencia, se hiciera la valoración por parte de ellos. Una vez finalizada la fase clasificatoria, se inició la aplicación del *Método Pedagogía de las Situaciones* durante diez semanas, con frecuencia de práctica de 3 veces por semana, distribuido de la siguiente manera:

Lunes, ejercicios de igualdad numérica (1 contra 1, 2 contra 2)

Miércoles, ejercicios de desventaja numérica (2 contra 1, 3 contra 2)

Jueves, ejercicios de igualdad numérica (1 contra 1, 2 contra 2)

Terminada la administración de estos estímulos, se procedió de nuevo a filmar a las jugadoras en la fase final del torneo regional universitario. Estas filmaciones fueron analizadas por los evaluadores, para obtener los datos de la post prueba.

Instrumento

Se seleccionaron tres evaluadores expertos para la validación del instrumento de toma de decisiones para la defensa en acciones finales. Un experto de Colombia, con experiencia a nivel nacional, y un experto de España, con quienes se procedió estandarizar el procedimiento en la fase defensiva, donde se discutió y se hizo una retroalimentación



continúa hasta llegar a un común acuerdo en los criterios para una buena defensa en situación real de juego.

A continuación se expone la estructuración que determina el tipo de decisión, según los tipos de duelo considerados en la investigación:

Tabla 1. Estructuración de los criterios para la determinación de la decisión táctica defensiva correcta en el duelo 1 contra 1.

Tipo de duelo	Situación	Posibilidades de continuidad	Tipo de decisión
1 contra 1	Ventaja	No dejar lanzar	Correcta
		Hacer lanzar incómodamente	
		Dejar lanzar cómodamente	Incorrecta
	No ventaja	Hacer parar	Correcta
		Hacer lanzar incómodamente	
		Dejar penetrar	Incorrecta



Tabla 2. Estructuración de los criterios para la determinación de la decisión táctica defensiva correcta en el duelo 2 contra 2.

Tipo de duelo	Situación	Posibilidades de continuidad		Tipo de decisión	
2 contra 2	Ventaja sobre atacante	No dejar lanzar		Correcta	
		Hacer lanzar incómodamente			
		No dejar pasar			
		Dejar lanzar cómodamente		Incorrecta	
		Dejar pasar			
	Defensa ayudante	Ventaja sobre ayudante	Evitar el desplazamiento para pantallar		Correcta
			Evitar el corte para recepcionar		
			Dejar pantallar		Incorrecta
		No ventaja sobre ayudante	Cambiar de marca		Correcta
			Quedar en la pantalla		Incorrecta

Tabla 3. Estructuración de los criterios para la determinación de la decisión táctica defensiva correcta en el duelo 2 contra 1.

Tipo de duelo	Situación	Posibilidades de continuidad	Tipo de decisión
2 contra 1	Mantener posición defensiva en medio de los dos atacantes	Evitar que pase	Correcta
		Evitar el lanzamiento	
		Hacer lanzar incómodamente	
	Recargarse en uno de los lados	Generar el pase	Incorrecta



Tabla 4. Estructuración de los criterios para la determinación de la decisión táctica defensiva correcta en el duelo 3 contra 2.

Tipo de duelo	Situación	Posibilidades de continuidad		Tipo de decisión	
3 contra 2	Ventaja sobre atacante	Parar el ataque: evitando un primer pase		Correcta	
		Hacer lanzar incómodamente			
		Permitir el lanzamiento		Incorrecta	
	No ventaja sobre atacante	Cambio de marca		Correcta	
		Quedarse en la pantalla		Incorrecta	
	Defensas ayudantes	Ventaja sobre ayudantes	Flotar en medio de los jugadores del lado débil		Correcta
			Recargarse sobre lado fuerte		Incorrecta
		No ventaja sobre ayudantes	Cambiar de marca		Correcta
			No cambiar de marca		Incorrecta

3. Resultados

Se realizó un análisis descriptivo mediante tablas de doble entrada, comparando a los grupos experimental y control. En este análisis bivariado se midió la asociación mediante la prueba de Chi-cuadrado y la fuerza de asociación a través de la razón de posibilidades (OR), estimándose además sus respectivos intervalos de confianza (IC). Se consideró un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

En la tabla 5 se puede observar el incremento en el porcentaje de las decisiones correctas y la disminución en el porcentaje de las incorrectas.



Tabla 5. Frecuencia y porcentaje de las decisiones totales del grupo experimental.

Tipo de decisión	Post prueba		Preprueba	
	n	%	n	%
Correcta	165	63,7	114	40,4
Incorrecta	94	36,3	168	59,6
Total	259	100	282	100

Nota: n = Frecuencia; % = porcentaje.

Para determinar si las diferencias que se presentaron en los porcentajes atribuyen cambios significativos, se aplicó el estadístico Chi-cuadrado de Pearson, obteniendo un valor de 29,298, con una alta significación bilateral de 0,000. De acuerdo a estos valores se afirma que hubo cambios muy significativos entre la preprueba y la post prueba. Se evaluó además si el tipo de decisión es un factor de riesgo para el tipo de prueba, encontrándose un OR de 2,587 con IC95% dado por (1,828; 3,661), es decir, el número de decisiones correctas está asociado a la post prueba, o bien en la post prueba hay 2,587 veces más posibilidades de tener decisiones correctas a comparación de las decisiones incorrectas.

En la tabla 6 se puede observar la disminución en el porcentaje de las decisiones correctas y el aumento en el porcentaje de las incorrectas para el grupo control.



Tabla 6. Frecuencia y porcentaje de las decisiones totales del grupo control.

Tipo de decisión	Post prueba		Pre prueba	
	n	%	n	%
Correcta	82	28,2	72	31,3
Incorrecta	209	71,8	158	68,7
Total	291	100	230	100

Nota: n = Frecuencia; % = porcentaje.

Se aplicó el estadístico Chi-cuadrado de Pearson, el cual arrojó un valor de 0,603 con una significación bilateral de 0,438. De acuerdo a estos valores, se puede afirmar que no hubo cambios significativos en las decisiones tomadas por el grupo control entre las dos pruebas. Se evaluó además si el tipo de decisión es un factor de riesgo para el tipo de prueba, encontrándose un OR de 0,861 con IC95% dado por (0,590; 1,256), es decir, el tipo de decisión no es un factor de riesgo para el tipo de prueba.

4. Discusión

La mejora de las conductas iniciales del grupo experimental puede comprenderse a la luz de lo hallado sobre la respuesta motora, con las fases de identificación del estímulo y selección y programación de la respuesta. La primera fase es sensorial, donde se identifica y clasifica el estímulo; en la segunda fase hay una traducción de la entrada sensorial y la salida del movimiento a cargo de áreas específicas de la corteza cerebral, para finalizar con la tercera fase, a cargo de las vías eferentes, organizando el sistema motor para el movimiento deseado, activando el



tallo cerebral, la médula espinal y los músculos necesarios para un movimiento con eficacia (Schmidt, 1991).

Toda esta propuesta sustenta que el *Método Pedagogía de las Situaciones* influyó de manera positiva sobre las diferentes fases, resultando un mayor porcentaje de acciones defensivas correctas para el segundo momento de la investigación, después de la aplicación del plan de entrenamiento. En ese orden de ideas, el MPS debió favorecer los factores que influyen en la toma de decisiones, a saber, la tarea que se debe cumplir con los objetivos y reglas propias del deporte, el contexto con sus propios condicionantes y, por último, las capacidades del deportista (Araujo & col., 2006)., entre las que se resaltan las motivaciones y emociones desde lo psicológico y las conexiones sinápticas del cerebro, llegando a la memoria que, como lo expresan Purves & col., (2008:811), “es una de las funciones más complejas del encéfalo”.

Con relación a la toma de decisiones, Ruíz & Arruza (2005:38), plantean que “decidir es uno de los ingredientes más presentes de la actividad deportiva; es más, podríamos analizar los deportes en función de su exigencia decisonal”. Precisan la importancia del tratamiento que se le debe dar a la toma de decisiones en el deporte, y establecen argumentos suficientes para que esta investigación tenga soporte desde el plan que se implementó para lograr mejorar en la toma de decisiones.

Los cambios estadísticos, altamente significativos, hallados para las decisiones correctas entre los dos momentos del estudio del grupo experimental, se pueden explicar como producto, probablemente, de las estructuras de conocimiento almacenadas en la memoria,



establecidas por la psicología cognitiva, planteamiento que se encuentra en Iglesias & col. (2007), quienes también indican que los sujetos, a partir de su formación y acumulación de experiencia a través de la práctica, mejoran la capacidad para optar por la acción de juego más propicia en cada circunstancia. Este hecho es atribuible, posiblemente, al alto número de repeticiones que se aplicó con el plan de entrenamiento, un total de mil cuatrocientas cuarenta repeticiones con su respectiva retroalimentación, indicando una mejora en el rendimiento cuando se procedió a la post prueba, sustentando que la información se ha retenido en la memoria siempre y cuando el individuo es capaz de recordar y contrastar el comportamiento (Tamorri, 2004).

La repetición, el almacenamiento y la recuperación de la información son los procesos de control para la memoria y la respuesta motora, (Tamorri, 2004). Según el plan de entrenamiento diseñado para este estudio, cada duelo tuvo un total de trescientas sesenta repeticiones; con este número se intervino el primer proceso que menciona Tamorri, y probablemente se pudo afectar directa, o indirectamente, los otros dos procesos para la memoria y la respuesta motora en la toma de decisiones correctas en acciones finales defensivas.

Otra razón de peso para explicar el cambio significativo entre la post prueba y la preprueba sobre la toma de decisiones correctas en acciones finales defensivas, pudo haber sido la implementación del plan de entrenamiento a través del *Método Pedagogía de las Situaciones*, que busca que el aprendizaje sea continuo y por eso propone diferentes fases que facilitan un aprendizaje continuo y reflexivo a partir de las realidades propias de cada momento. Al respecto se plantea que un aprendiz le otorga sentido a un aprendizaje, siempre y cuando este se



realice en el contexto que se hace necesario (Alarcón & col., 2010) reforzando la esencia del método aplicado.

El tipo de duelo en igualdad numérica 1 contra 1 fue el que más figuró en esta investigación, y se ratifica con el estudio realizado para toma de decisiones en ataque (Hoyos, 2011), donde concluyen unos porcentajes altos como acciones finales, tanto para el grupo control como para el grupo experimental, 77,4% y 64,9% respectivamente, en el duelo 1 contra 1. Al ser esta la acción más repetitiva, se puede explicar a la luz de las ideas sobre el razonamiento y la toma de decisiones, porque dependen de una disponibilidad de conocimiento acerca de las situaciones y opciones para la acción, y este conocimiento se almacena en forma de disposiciones en la corteza cerebral y en los núcleos subcorticales (Tirapu & col., 2002).

En otro planteamiento se explica que las neuronas motoras superiores en la corteza cerebral residen en varias áreas adyacentes y altamente conectadas del lóbulo frontal, que en conjunto median la planificación y la iniciación de las secuencias temporales complejas de movimientos voluntarios (Purves & col., 2008). De igual manera se puede sustentar la mejora altamente significativa para este duelo a raíz de que se generaron más opciones de respuestas y para lo cual Tamorri (2004:88) afirma que “la dificultad de un acontecimiento deportivo, puede valorarse precisamente en base al cúmulo de información que se debe interpretar y a las posibilidades de respuestas”. En este caso se recibió mucha información del duelo y se tuvo que realizar su correspondiente interpretación y generación de soluciones para tantos estímulos recibidos. Haber hecho las retroalimentaciones posibilitó que las jugadoras le dieran un orden de importancia a las posibles decisiones a



tomar, y, como lo expresa Díaz (2005:11) “un elemento decisivo en la correcta toma de decisiones, es la jerarquía de las alternativas”.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, las acciones como ver, examinar, comprobar, discernir, asociar, retroalimentar y volver a ejecutar, propias del *Método Pedagogía de las Situaciones*, factiblemente generó asociaciones entre el área visual y las áreas sensitivas, auditivas y motrices, esto dilucida el mejoramiento del grupo experimental en la toma de decisiones, apoyados en la afirmación de Purves & col. (2008:706) en el sentido de que “las cortezas de asociación median las funciones cognitivas del encéfalo, definidas ampliamente como la capacidad para prestar atención, identificar y actuar significativamente en respuesta a estímulos externos o internos complejos”.

Por otra parte se precisa la atención como un factor que influye el proceso de la información todo el tiempo, e iniciando en la selección de la información, continúa con la planificación del movimiento y finaliza con la ejecución motriz (Tamorri, 2004). Con este argumento se puede concluir que, probablemente, sí tuvo cambios con la aplicación del *Método Pedagogía de las Situaciones*.

En esa misma dirección la atención y la emoción son funciones que se procesan a nivel cerebral. En la atención participan la parte ascendente de la formación reticular, el córtex límbico y el hipocampo, que depuran, seleccionan y fijan la información, y, por último, los lóbulos frontales impiden que se responda a estímulos que carecen de valor (Luria, 1966). En la emoción intervienen el sistema límbico, la amígdala y varias áreas corticales, en las áreas orbitaria y medial del lóbulo frontal. Las mismas



estructuras del encéfalo anterior que procesan las señales emocionales, actúan en diferentes funciones encefálicas complejas, como una toma racional de decisiones, (Purves & col., 2008).

En otro hallazgo conceptual se ilustra que la atención selectiva es la focalización de las señales relevantes del entorno, y hace parte de los cuatro momentos que definen la concentración en el deporte y los ámbitos del ejercicio físico; los otros tres son, 1) mantener el foco atencional en el tiempo, 2) tener conciencia situacional y 3) cambiar el foco atencional cuando sea necesario (Weinberg & Gould, 2010). Se trae a colación la atención porque el aprendizaje y la práctica ayudan a construirla, y por ende el deportista no tendrá que prestar atención a todos los aspectos, para el caso, de la toma de decisión, porque se pudo haber logrado la automatización de algunos de ellos, hecho que se atribuye a las repeticiones hechas con el plan de entrenamiento implementado.

A la luz de la psicología cognitiva, las jugadoras modificaron la toma de decisiones iniciales, mostrando una mejoría significativa, hecho atribuible al conocimiento previo que ellas tenían sobre el baloncesto, pues la totalidad del grupo experimental inició su etapa deportiva desde muy temprana edad. Esto se corrobora con el planteamiento que atribuye a la automatización evitar los primeros momentos, que son costosos para el tratamiento de la información, e igualmente que la adquisición y consolidación de las habilidades son posibles gracias al aprendizaje y a la automatización de los gestos deportivos (Tamorri, 2004).



Finalmente, se puede destacar que en el *Método Pedagogía de las Situaciones* existe una secuencia de fases en la acción pedagógica, que propenden por la continua reflexión sobre las decisiones a tomar (Blázquez, 1999). Este se convertiría en el argumento más puntual para explicar cómo a través de las permanentes retroalimentaciones se alcanzaron cambios entre el registro del primero y segundo momento para la toma de decisiones del grupo experimental de la investigación.

5. Conclusiones

A continuación, se exponen las conclusiones, con la salvedad de que solo son aplicables a la muestra de la investigación:

1. El plan de entrenamiento bajo el *Método Pedagogía de las Situaciones*, produjo un efecto estadísticamente significativo en la toma de decisiones finales defensivas. La intervención con el plan condujo a un incremento en el porcentaje de las decisiones correctas y a la disminución en el porcentaje de las decisiones incorrectas.
2. Para el grupo experimental, en la preprueba se analizaron 282 duelos, de los cuales el 40,4% de las decisiones fueron correctas; en la post prueba se registraron 259 duelos y las decisiones correctas incrementaron, alcanzando el 63,7%.
3. El tipo de duelo en igualdad numérica 1 contra 1 fue el más recurrente, tanto para el grupo experimental como para el control y en los dos momentos del estudio. En la preprueba, de los 512 duelos, 434 fueron 1 contra 1, que corresponden a un porcentaje de 84,8%, mientras que en la post prueba se



registraron 550 duelos en total, de los cuales 498 eran de este tipo, lo que corresponde al 90,5%.

4. El orden de los duelos más frecuentes en el estudio fue, en primer, lugar 1 contra 1, seguido del 2 contra 2 y en el tercer puesto el duelo en desventaja numérica, 2 contra 1. Para el duelo 3 contra 2 no se registraron datos en ninguna de las dos pruebas.
5. En total fueron 1062 acciones analizadas; el grupo experimental tuvo 541, de las cuales 282 (52,1%) correspondían a la preprueba y 259 (47,9%) pertenecían a la post prueba. Para el grupo control se observaron 521 acciones, en el primer momento se analizaron 230 (44,1%) y en el segundo momento 291 (55,9%).
6. Las decisiones correctas entre la preprueba y la post prueba mostraron cambios altamente significativos para el duelo 1 contra 1, registrando porcentajes de 39,4% y 65,7% respectivamente. En los demás tipos de duelo no hubo cambios estadísticamente significativos.
7. Para el grupo control no hubo diferencias estadísticamente significativas en la toma de decisiones, al comparar la preprueba con la post prueba.



Referencias

- Alarcón F, Cárdenas D, Miranda M, Ureña N, Piñar M (2010). La metodología de enseñanza en los deportes de equipo. *Revista de Investigación en Educación*, 7:91-103.
- Araújo D, Davids K, Hristovski R (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Journal Psychology of Sport and Exercise*, 7(6):653-76.
- Blázquez D (1986). *Iniciación a los deportes de equipo*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, S.A.
- Blázquez D (1999). *La iniciación deportiva y el deporte escolar*. Barcelona: Inde Publicaciones.
- Díaz D (2005). Toma de decisiones: el imperativo diario de la vida en la organización moderna. *Acimed*, 13.
- Hoyos G (2011). *Influencia de un plan de entrenamiento basado en el método pedagogía de las situaciones, en la toma de decisiones en las acciones finales durante la fase de ataque de jugadoras universitarias de baloncesto*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, Instituto Universitario de Educación Física.
- Iglesias D, Cárdenas D, Alarcón F (2007). La comunicación durante la intervención didáctica del entrenador. Consideraciones para el desarrollo del conocimiento táctico y la mejora en la toma de decisiones en baloncesto. *Revista: Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(7): 43-50.
- Luria A (1966). *Human brain and Psychological processes*. New York: Harper & Row.



- Ortega E, Fernández R, Ubal M, Lorenzo A, Sampaio J (2010). Indicadores de rendimiento defensivo en baloncesto en los ganadores y perdedores. *International Journal of Sport Science*, 6:100-11.
- Ortega E, Palao J, Gómez M, Ibáñez S, Calvo A, Sampaio J (2010). Efecto de la solicitud de tiempos muertos sobre el marcador y el tipo de defensa empleados por los equipos en baloncesto. *European Journal of Human Movement*, 24:95-106.
- Purves D, Augustine G, Fitzpatrick D, Hall W, Lamantia A, Macnamara J, Williams S (2008). *Neurociencia*. Madrid: Médica Panamericana.
- Refoyo I (2001). *La decisión táctica de juego y su relación con la respuesta biológica de los jugadores: Una aplicación al baloncesto como deporte de equipo*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid,
- Ruíz L, Arruza J (2005). *El proceso de toma de decisiones en el deporte. Clave de la eficiencia y el rendimiento óptimo*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Schmidt R (1991). *Motor Learning and Performance: From principles to practice*. USA, Illinois: Human Kinetics.
- Tamorri S (2004). *Neurociencias y Deporte. Psicología deportiva. Procesos mentales del atleta*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Tirapu J, Muñoz J, Pelegrín C (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34:673-85.
- Weinberg R, Gould D. (2010). *Fundamentos de Psicología del Deporte y del Ejercicio físico*. Madrid: Médica Panamericana.



Efectos de un plan de entrenamiento estructurado a través del método continuo intensivo sobre el VO₂ máximo y la velocidad de desplazamiento en canoistas de Antioquia

Effects of a structured training plan through intensive continuous method on VO₂ max and travel speed in Antioquia's canoeists

Janderson Cano Arango⁸

Juan Osvaldo Jiménez⁹

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de un plan de entrenamiento basado en el método continuo intensivo sobre el VO₂máx y la velocidad de desplazamiento en un grupo de canoistas del departamento de Antioquia. Para ello se realizó un plan de entrenamiento de 8 semanas, con una dosificación de intensidad de carga entre el 70% y 90% de la Fcmáx y volúmenes comprendidos entre

⁸ Licenciado en Educación Física, Magister en Motricidad y Desarrollo Humano / Línea Entrenamiento Deportivo. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. Instituto Universitario de Educación Física – Universidad de Antioquia. Colombia. andercano@hotmail.es

⁹ Licenciado en Educación Física, Especialista en Entrenamiento Deportivo, Magister en Motricidad y Desarrollo Humano / Línea Entrenamiento Deportivo. Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. Docente investigador Instituto Universitario de Educación Física – Universidad de Antioquia. Colombia. jjuanosvaldo@yahoo.es



3000 a 8000 mts. Antes y después del periodo de intervención se evaluaron las variables mencionadas. Después del análisis estadístico se pudo constatar que hubo resultados significativos en la evolución del VO_2 máx 8,98% ($p < 0.05$) y resultados muy significativos en la velocidad de desplazamiento 3,64% ($p = 0.01$), en este grupo de deportistas.

1. Introducción

El VO_2 máx y la velocidad de desplazamiento son dos aspectos que suscitan gran interés en los procesos de programación del entrenamiento en el canotaje. Su análisis permite dar cuenta de los aspectos fundamentales y secuenciales en el plan de preparación. La medición oportuna de estas dos variables informa al entrenador y al deportista sobre las adaptaciones logradas durante su estimulación, posibilitando la toma de decisiones sobre futuros objetivos y estrategias a seguir en el transcurso del proceso deportivo. El VO_2 máx representa la medida máxima del consumo de O_2 por unidad de tiempo, esforzando a la mayor capacidad al organismo en condiciones aeróbicas. Guarda una relación directa con la capacidad de trabajo mecánico del corazón (López, 2006).

La velocidad de desplazamiento es una magnitud física de carácter vectorial que expresa la distancia recorrida por un objeto por unidad de tiempo. Se representa por V . Sus dimensiones son la longitud (L) y el tiempo (T). En el sistema internacional, la unidad de medida más utilizada para la práctica deportiva son los metros sobre segundos mt/seg . Este tipo de medida hace parte del grupo de variables espacio – temporales, las cuales dan cuenta de dos aspectos básicos frente al movimiento: el primero, la variación espacial que sufre un cuerpo con



respecto al marco de referencia, cuando ocurre el desplazamiento; el segundo es el tiempo empleado en el desplazamiento (Ramón, 2009).

El método continuo intensivo es una estructura de entrenamiento para el desarrollo de la resistencia aeróbica; según Weineck (2005), es una herramienta de la planificación que permite el desarrollo de procesos sistémicos en la forma de la ordenación de los contenidos propios del desarrollo de la preparación del deportista y, en especial, sobre este componente condicional. Según Zintl (1991) este tipo de procedimientos es el más apropiado para el desarrollo de la resistencia a intensidades submáximas de VO_2 máx y consiste en la realización de un volumen de carga ininterrumpida de trabajo físico durante un período de tiempo aproximado entre 20 a 50 minutos, con intensidad de carga entre el 60% – 90% del VO_2 máx con una frecuencia cardiaca en el orden de los 140 y 190 latidos por minuto y concentración sanguínea de lactato estable entre los 4 a 6 mmol/l.

2. Metodología

La presente investigación tuvo un alcance de tipo explicativo, debido a que pretendió establecer relaciones causa-efecto sobre dos variables continuas el consumo máximo de Oxígeno (VO_2 máx, ml/kg*min) y velocidad de desplazamiento (m/seg), las cuales fueron medidas en grupos experimental y control, para determinar la evolución de las mismas. El grupo experimental desarrolló un plan de entrenamiento estructurado sobre el método continuo intensivo durante 8 semanas, divididas en dos mesociclos. El grupo control realizó el mismo tiempo de trabajo con la misma división en mesociclos, pero sin aplicación del estímulo programado de forma intencional. Con este diseño se analizó,



de manera específica, la variación que ocurre en el VO_2 máx y la velocidad de desplazamiento. Una vez concluido el período de entrenamiento, teniendo en cuenta las implicaciones que suscita este tipo de valoraciones, se realizó un diseño pretest y postest, consistentes en la medición del VO_2 máx mediante prueba de tipo incremental en rampa, en un cicloergómetro para miembros superiores; La evaluación de la velocidad de desplazamiento (m/seg) se realizó en una distancia de 1000 metros, en una canoa para un tripulante (C1), sobre una superficie de agua regular.

Las valoraciones del consumo de Oxígeno y velocidad de desplazamiento se realizaron antes de la primera semana del plan (semana 0) y después de la última semana (semana 9). En el cuadro 1 se detalla la esquematización del diseño del experimento.

Cuadro 1. Esquematización del diseño experimental.

G_1	O_1	X	O_2
G_2	O_1	---	O_2

Nota: grupo experimental (G_1), Grupo control (G_2), aplicación de tratamiento (X), ausencia del mismo (-), (O_1) Pre test, (O_2) Pos test.

2.1 Muestra

Se seleccionaron siete canoistas del departamento de Antioquia, pertenecientes a la Liga de Canotaje, con edades entre 15 y 25 años, practicantes del deporte durante al menos 3 años. Los sujetos se



seleccionaron de forma intencional debido a la especificidad de la investigación y al tamaño de la población de practicantes de esta modalidad deportiva en el departamento de Antioquia. Se asignaron 4 sujetos al grupo experimental y 3 al grupo control. Una vez conformados los grupos se informó a cada participante de las implicaciones de tipo físico que tenía este procedimiento y, en tal virtud, todos firmaron un consentimiento voluntario (Formato Liga de canotaje de Antioquia).

2.2 Procedimiento

Plan de entrenamiento

La prescripción de la carga de entrenamiento se desarrolló en un periodo de 8 semanas, dividido en dos fases de 4 semanas denominados mesociclos 1 y 2.

El **mesociclo 1**, compuesto por los micros 1 a 4. La intensidad y volumen se distribuyó así:

- 70% de la FC_{máx} 155 – 165 pul/ min, 40 – 44 paladas/min y 8000 mts de remada continua, los días miércoles.
- 80% FC_{máx} 165 a 175 pul/min, 45 a 49 ciclos de paladas/min y 6000 mts de remada continua los días viernes y domingos.

El **mesociclo 2**, compuesto por los micros 5 a 8. El contenido de la carga, intensidad y volumen, varió con respecto al primer meso. Tuvo la siguiente distribución:



70% de la FC_{máx} 155 – 165 pul/ min, 40 – 44 paladas/min y 8000 mts de remada continua, los días miércoles.

90% de la FC_{máx} 175 a 185 pul/min, 50 a 52 paladas/min y 4000 mts de remada continua, los días viernes.

90% de la FC_{máx} 175 a 185 pul/min, 50 a 52 paladas/min y 3000 mts los días domingos.

Cada porcentaje de frecuencia cardiaca fue extrapolado en relación a porcentajes del VO₂_{máx}. Según López (2006), la diferencia entre el % de las FC y el % del VO₂_{máx} es del orden del ± 8 %, siendo inferior el VO₂. En la siguiente distribución, 70%, 80% y 90% de la FC_{máx} es a 60%, 70% y 80% del VO₂_{máx}. Los porcentajes correspondientes a la frecuencia cardiaca (lat/min) y frecuencia de paleo (pal/min), fueron determinados para cada deportista en la primera prueba de esfuerzo (Ergoespiometría) y de velocidad de desplazamiento en 1000 mts, efectuadas al inicio del plan, de la siguiente manera:

El porcentaje de intensidad de carga se valoró a partir del monitoreo del 100% de la FC_{máx} expresado en pulsaciones por minuto (lat/min), en el test incremental en rampa, con ayuda del pulsómetro. Una vez hallado el 100% de la frecuencia cardiaca máxima, se creó una escala de valores de porcentaje de FC_{máx}, a partir de la fórmula de Karvonen, $(FC_{máx} - FC_{rep}) * \% \text{ de intensidad} - FC_{rep}$, para valores de intensidad correspondientes al 70%, 80% y 90%.

El índice de frecuencia de paleo por minuto fue determinado en la prueba de 1000 metros. Para ello se realizaron cinco tomas de frecuencia de paleo durante la realización de la distancia, en el inicio,



250, 500, 750 y 1000 metros. Se promediaron los datos dividiéndolo por el número de tomas, hallando de esta forma el 100% de paladas/minuto (pal/min). De este porcentaje se determinó el 70%, 80%, 90% de las pal/min. Una vez obtenidos los datos de la frecuencia cardiaca (F_c /min) y porcentajes de frecuencia de paleo (pal/min), se construyó una zona de intensidad de carga individual por deportista, que tuvo una variabilidad de 10 unidades en la $FC_{máx}$ y 4 unidades en las pal/min. La creación de esta zona consistió en relacionar cada porcentaje de frecuencia cardiaca con cada porcentaje de frecuencia de paleo, en ambas escalas utilizando el mismo porcentaje (70%, 80% y 90% $FC_{máx}$ vs, 70%, 80% y 90% F/pal). Ver tabla 1.

Para el seguimiento de la frecuencia cardiaca por sesión de entrenamiento, a cada sujeto se le entregó un monitor marca Garmin 300 XT (Taiwán), banda ubicada al pecho para monitorear el ritmo cardiaco. El monitor fue emplazado dentro de la canoa, de tal forma que cada sujeto pudiera observar el comportamiento de su frecuencia cardiaca. Previo a cada sesión, cada monitor fue manipulado ubicando el valor de la zona o intensidad a realizar, según la carga prevista para la sesión. La frecuencia de paleo se valoró directamente por los supervisores de las sesiones (entrenadores de la liga), a través de cronómetros cuenta paladas (Mk Home base 3 - USA). A cada minuto, con ayuda de un megáfono, el entrenador informaba al participante sobre la frecuencia de paleo, animándole a aumentar, disminuir o mantener el régimen, según el caso. Antes de iniciar cada sesión, a los participantes se les informó acerca de la intensidad de la carga de entrenamiento en relación a la frecuencia cardiaca por minuto y paladas por minuto requeridas y en el cronómetro cuenta paladas se grabó la información registrada. Al finalizar la sesión, los monitores se retiraron



de cada sujeto para el análisis y valoración de la información sobre la intensidad de frecuencia cardiaca, para relacionarla con los valores de frecuencia de paladas y determinar, de esta manera, el desarrollo de la carga efectuada por cada sujeto, frente a la prescripción de la misma.

La medida que se utilizó para determinar el volumen de entrenamiento por sesión, fueron los metros, que, previamente, se relacionaron con información de tipo teórico sobre el tiempo requerido en este tipo de planes y las distancias que los canoistas podían cubrir durante este tiempo. (Zintl, 1991; Weineck, 2005)

Tabla 1. Distribución de las zonas de intensidad, en % de $VO_2\text{max}$, % $F_{c\text{máx}}$, índice de pul/min, pal/min y distancias.

Zona	% $VO_2\text{max}$	% $F_{c\text{máx}}$	# pul/min	# pal/min	Distancia/mts
1	60	70	155-165	40-44	8000
2	70	80	165-175	45-49	6000
3	80	90	175-185	50-53	4000/3000

Nota: Porcentajes del $VO_2\text{max}$, $F_{c\text{máx}}$ #pul= número de pulsaciones minuto y #pal= número de paladas minuto.

Consumo máximo de Oxígeno ($VO_2\text{máx}$)

El $VO_2\text{máx}$ es una medida que determina el aporte, transporte y utilización del Oxígeno en el organismo, esforzado al máximo. Esta variable se midió con una prueba de ergoespirometría, en un ciclo



ergómetro adaptado para miembros superiores marca Jaeger ER800 (Erich Jaeger/Alemania), de rango de resistencia desde 20 a 400 vatios y dispositivo de freno electromecánico, en el cual los sujetos mantuvieron una posición de pie, manos en los agarres, simulando el gesto técnico de remada en canoa. Se utilizó una máscara medidora de gases marca Jaeger para medir la composición y volúmenes de aire espirado, con un equipo Jaeger Oxicom Pro (Erich Jaeger / Alemania). El análisis de Oxígeno se basó en el principio paramagnético diferencial entre el O_2/CO_2 . El análisis de Dióxido de Carbono se basó en el principio de absorción infrarroja. La velocidad de muestreo fue similar a la del Oxígeno, con velocidades de muestreo de 100 m*s.

La prueba consistió en un test incremental en rampa, en el cual se indagó por el VO_2 máx a partir de la mayor capacidad de trabajo físico aeróbico realizado, incrementando los valores de carga de trabajo. Para ello se aumentó cada minuto la resistencia electromecánica del cicloergómetro en 10 vatios, hasta llegar al máximo esfuerzo posible e incapacidad para mantener el movimiento. Cada sujeto portó la máscara medidora de gases durante el test, para determinar el consumo de Oxígeno en valores relativos al peso y al tiempo a partir de la diferencia O_2 y CO_2 . El procedimiento realizado para cada medición fue el siguiente:

A cada sujeto se le ubicó un pulsómetro marca polar (China), banda y monitor. Al inicio de la prueba se determinó la FC de reposo durante 15 minutos de inactividad, acostado; luego, el sujeto realizó 10 minutos libres de estiramiento y movilidad articular y 4 minutos más de movimientos específicos en el cicloergómetro con carga ligera (40 Watt). Después de este periodo comenzó el incremento de carga cada



minuto, a una constante de 10 vatios x minuto. La prueba finalizó cuando el sujeto no pudo mantener el esfuerzo. Se consignó el valor anterior en vatios movilizados, la frecuencia cardiaca de esta carga y el valor de consumo de Oxígeno, en una hoja de cálculo Excel 2007 (USA).

Velocidad de desplazamiento (mts/seg)

Se evaluó con un test de 1000 metros, realizado de forma individual sobre una pista creada para tal fin. Antes de la prueba, cada sujeto realizó 20 minutos de activación, 10 min. libres de estiramiento y movilidad articular en tierra y 10 min. de calentamiento específico en el agua. A cada sujeto se le ubicó un monitor marca Garmín, modelo Forerunner 310 XT, seriales N°1014A 5, 7, 8, 9 (Fabricado en Taiwán); banda al pecho y monitor en la canoa.

Al inicio de la prueba cada sujeto se ubicó de forma individual al extremo de un carril de canotaje de 9 metros de ancho por 1000 de largo, con boyaje de marca cada 25 metros y profundidad de lastrado de 2,50 mts, previamente construido para dicha prueba. El participante comenzó la prueba de 1000 mts a dos señales reglamentarias de canotaje, Ready y Go (manual ICF), realizando la salida enérgica y manteniendo el esfuerzo al máximo posible. La prueba finalizó al cumplir con la distancia prevista, cruzando la meta en plano sagital, última boya del carril.

La toma de tiempo y la frecuencia de paleo se realizó con un cronómetro cuenta paladas NKhome (Nielsen – Kellerman), modelo Interval 2000 (USA), serial 544787. De esta evaluación, se consignaron los siguientes datos: el tiempo realizado, la velocidad promedio de



desplazamiento y cinco índices de frecuencia de paleo, en hoja de cálculo Excel 2007 (USA).

2.3 Recolección y manejo de los datos

Consumo máximo de Oxígeno

La recolección de los datos para la variable VO_2 máx, en la prueba de esfuerzo ergoespirometría test incremental en rampa, estuvo supervisada por el personal médico adscrito al laboratorio de medicina deportiva. El grupo estuvo compuesto por tres personas, un experto en medición con más de 20 años de experiencia y dos médicos especialistas en medicina deportiva de Indeportes Antioquia. A cada sujeto valorado se le consignaron los siguientes datos: FC_{reposo} (FC_{rep}), Fc_{máx} y porcentajes de frecuencia cardiaca (FC%) en relación a la carga movilizada por minuto (Vatios/minuto), Capacidad de trabajo máximo en vatios. Cada registro fue anotado y organizado en una hoja de cálculo Excel 2007 (USA), para su posterior análisis.

Velocidad de desplazamiento

La recolección de los datos para la variable velocidad de desplazamiento en la prueba de 1000 metros, estuvo supervisada por tres técnicos de la liga de canotaje de Antioquia, con experiencia en la toma de tiempos y control de regatas de canotaje de mínimo cinco años y curso de referee canoe speed - International Canoe Federation. A cada sujeto valorado se le consignaron los datos: tiempo total, cinco tomas de frecuencia de paleo, inicio, 250, 500, 750 y 1000 metros y velocidad de desplazamiento. Cada



registro fue anotado y organizado en una hoja de cálculo Excel 2007 (USA), para su posterior análisis.

2.4 Procedimiento estadístico

Los datos obtenidos en la evaluación de las variables fueron relacionados y organizados para su análisis en un paquete estadístico SPSS para Windows versión 15.0. En la organización y análisis preliminar de los datos se utilizaron medidas de tendencia central media (\bar{X}), desviación estándar (SD), mínimo y máximo. Para determinar la distribución normal de los datos en cada grupo, se aplicó la prueba Shapiro-Wilk (S-W), por tratarse de una investigación con muestra inferior a 50 sujetos. Para determinar la normalidad de los grupos se aplicó la prueba t para muestras independientes, con la cual se determinó la normalidad de los grupos antes del inicio del plan, para las variables dependientes. Por último se aplicó una prueba t student para muestras relacionadas entre el pretest y posttest. A partir de los datos obtenidos se establecieron los cambios que produjo el plan de entrenamiento sobre las variables dependientes, VO_2 máx y Velocidad de desplazamiento. Sobre estos mismos datos se construyeron intervalos de confianza para establecer la variabilidad de los datos y los índices de mejora de las variables dependientes, una vez concluida la intervención.



3. Resultados

3.1 VO₂máx

El promedio del VO₂máx de G₂ (Control) fue superior que en G₁ (Experimental) en el pretest, al igual que los valores mínimo y máximo. Por el contrario, el postest evidencia cambios sobre esta variable respecto al pretest. Los valores promedio postest de G₁ mejoraron no solo en relación a los mostrados en el pretest, sino también a los valores de G₂ en el postest. G₂ desmejoró el promedio del VO₂máx con relación al pretest. Por otro lado, el porcentaje de mejoría de G₁ fue del orden de 8,98%; en contraposición, el porcentaje de pérdida de G₂ fue de -3,78% (ver Tabla 2).

El grupo experimental (G₁) presentó cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$) en el VO₂máx sobre estos sujetos, en relación al grupo control (G₂). El índice de esta mejoría para G₁, una vez realizada la última evaluación y por ende concluido el tratamiento después de las 8 semanas, se ubicó en 3.57 ml/kg*min (mililitros, kilogramo, minuto), variando en 7.15 ml/kg*min entre el valor mínimo y máximo. El grupo control, por otro lado, no presentó resultados estadísticamente significativos en el mismo lapso de tiempo, como tampoco mostro índice de mejoría y sus valores mínimo y máximo determinan una variabilidad negativa de - 13.33 ml/ kg*min al finalizar el experimento (ver Tabla 3).



Tabla 2. Cambios pretest vs. Postest VO₂máx grupo experimental (G₁) y control (G₂).

Grupo	Evaluación	VO ₂ máx ml/ kg* min				
		N	Mínimo	Máximo	X	Ds.
G ₁	Pretest	4	35,80	43,50	39,72	3,21
	Postest	4	42,20	44,50	43,30	1,27
G ₂	Pretest	3	41,30	49,90	44,20	4,94
	Postest	3	35,90	51	42,53	7,72

Nota: Estadísticos de tendencia central; N = muestra, 4 G₁ y 3 G₂; valores mínimo y máximo por sujetos evaluados en pre y postest, media=X y desviación Estándar =Ds; para la variable consumo máximo de Oxígeno

Tabla 3. Nivel de significancia del VO₂máx Pretest vs. Postest, grupo experimental (G₁) y Control (G₂).

Grupo	VO ₂ máx ml/kg* min				
	X pre	X post	Δ	IC	P
G ₁	39,72	43,3	3,58	0,09 – 7,24	0,04
G ₂	44,2	42,53	-1,66	10,17 - (- 6,84)	0,48

Nota: Estadística inferencial VO₂max; se construyeron los siguientes datos a partir de una prueba t para muestra relacionadas. Xpre=media pretest, Xpost =media postest, Δ= índice de mejoría. IC = intervalo de confianza, P= significancia t para muestras relacionadas



3.2 Velocidad de desplazamiento

Hubo mejoría de la velocidad de desplazamiento tanto en G_1 como en G_2 en el postest con respecto al pretest. En el pretest el promedio en la velocidad de desplazamiento en G_1 fue mayor que G_2 , al igual que los valores mínimo y máximo. La variabilidad de los datos (Ds) con respecto a la media fue muy similar, siendo G_2 el que presenta mayor alejamiento del promedio. Una vez realizada la intervención, se puede establecer que en el postest también se mejoró el promedio de la velocidad de desplazamiento en ambos grupos, en relación con la prueba inicial; además, el porcentaje de cambio de esta variable en G_1 fue de 3.64% mucho más significativo en relación a su pretest y superior a G_2 en el postest, que tuvo un aumento de 1.47%, mejor que el pretest pero inferior a G_1 , como se indicó. También hubo mejoría de los valores mínimos y máximos en los dos grupos; en G_1 ambos fueron superiores a G_2 , incluso el mínimo es mayor que el máximo. La variabilidad de los datos con respecto a la media aumentó levemente, siendo G_2 el de mayor dispersión.

Con relación al nivel de mejoría de esta variable se puede decir que el grupo G_1 presenta un valor $p= 0.01$, quiere decir esto que el plan de entrenamiento realizado a partir del método continuo intensivo produjo resultados estadísticamente muy significativos sobre la velocidad de desplazamiento con respecto a G_2 , que no presentó cambios ($P>0.05$). La tabla 5 permite ver el índice de mejoría de la variable. En ambos grupos mejoró la velocidad de desplazamiento una vez concluido el experimento, siendo está muy significativa en G_1 , y sin ninguna significancia para G_2 . El índice de mejoría (Δ), de variabilidad del IC para el caso de G_1 fue de 0.14 m/seg y 0.10 m/seg para G_2 .



Tabla 4. Cambios Pretest vs. Postest velocidad de desplazamiento.

Velocidad de desplazamiento (mts/seg)						
Grupo	Variable	N	Mínimo	Máximo	x	DS
G ₁	Pretest	4	3,44	3,73	3,57	0,15
	Postest	4	3,53	3,92	3,70	0,19
G ₂	Pretest	3	3,21	3,59	3,38	0,19
	Postest	3	3,25	3,7	3,43	0,24

Nota: estadísticos descriptivos para la velocidad de desplazamiento, G₁=grupo experimental, G₂ grupo control, N=muestra, X=promedio y Ds= desviación estándar

Tabla 5. Nivel de significancia de la velocidad de desplazamiento valores Pretest vs. Postest, grupo experimental (G₁) y Control (G₂).

Velocidad de desplazamiento m/ seg					
Grupo	X pre	X post	Δ	IC	P
G ₁	3,56	3,70	0,13	0,06 - 0,20	0.01
G ₂	3,38	3,43	0,10	0,08 - 0,18	0.26



Nota: Estadística inferencial velocidad de desplazamiento m/seg; se construyeron los siguientes datos a partir de una prueba t para muestra relacionadas; X pre=media pretest, X post =media posttest, Δ = índice de mejoría. IC = intervalo de confianza, P= significancia t para muestras relacionadas

4. Discusión

4.1 Consumo máximo de Oxígeno

Estudios consultados para esta investigación establecieron que, ciertamente, hay variaciones significativas sobre el VO_2 max durante el desarrollo de planes de entrenamiento, cambios que también ocurrieron en esta investigación y que sirven de punto de partida para la discusión que permitirá profundizar en los resultados. En primer lugar, un aspecto en el cual no hay un consenso absoluto sobre la dinámica de estos cambios, trata del tiempo ideal para provocar adaptaciones fisiológicas de tipo aeróbico, necesarias para mejorar el VO_2 max.

Por ejemplo, García & col.(2010) presentan datos significativos realizando dos tipos de periodización, una clásica de 22 semanas (11.0%) y otra concentrada de 11 semanas (8.1%) a un grupo de kayakistas de élite mundial. Los mismos investigadores realizaron otra intervención (2009), en situaciones parecidas en muestra de sujetos, en la cual determinaron los cambios ocurridos durante un periodo de 12 semanas ($p < 0.05$ - 9.4%); Wojzuk (1984), y reportaron cambios estadísticamente muy significativos ($p < 0.01$) en kayakistas juveniles Polacos en un período de entrenamiento que comprendió toda la



temporada (83–84). Datos que, aunque similares en cuanto a que existen mejorías, difieren en el tiempo de adaptación logrado.

Zintl (1991), plantea al respecto que es muy difícil ofrecer informaciones globalmente válidas en este contexto acerca de la mejoría del $VO_2\max$, puesto que la variabilidad depende de la capacidad individual de adaptarse, del nivel de entrenamiento y de la envergadura de la carga de entrenamiento. Resalta además que los experimentos realizados sobre poblaciones específicas, proponen variaciones para ser determinadas en grupos específicos (atletas en formación, hipertensos, alto rendimiento). Sin embargo plantea que la resistencia de base II y III requiere una evolución de varios años, revelándose en fases de incremento y desaceleración pasajeras, debido a los procesos de adaptación biológica. Ejemplos procedentes de diferentes deportes de resistencia demuestran, según el autor, que para alcanzar niveles de rendimiento internacional se requiere de 7 a 12 años, registrándose fases de 2 a 4 años de incremento en volumen y de un año en la intensidad.

Por otro lado, la planificación del entrenamiento específico de resistencia a corto y mediano plazo resulta efectiva en tiempos de 3 a 5 semanas con 12 a 25 sesiones y de 6 a 10 semanas con 30 a 50 sesiones (Zintl, 1991:197). Wilmore & Costill (1994), afirman que los cambios más significativos ocurren entre la 4 a 6 semana, con entrenamientos de 6 a 8 veces por semana. Sobre el tipo específico de cambios a nivel funcional describen las siguientes:



a) En el músculo puede aumentar el tamaño de la fibra muscular entre el 7% a 22%, especialmente las ST (Contracción lenta - oxidativas) y FTa (Contracción rápida - oxidativas)

b) El incremento de capilares puede ser del 15%

c) La mioglobina muscular 75% a 80%

d) En las mitocondrias un aumento de su número y capacidad oxidativa, provocando de esta forma mayor aumento enzimático oxidativo, hecho directamente relacionado con la capacidad de degradar nutrientes para formar ATP

e) En enzimas oxidativas, en estudio realizado sobre nadadores durante un periodo de 27 semanas, se manifestaron aumentos progresivos de la succinato deshidrogenasa (SDH), aunque en las últimas 6 semanas el $VO_2\text{max}$ no mejoró, indicando que su desarrollo puede estar influido por las limitaciones de tipo circulatorio para el transporte de Oxígeno hacia él músculo. Otra enzima de gran aumento es la citrosintasa. Se han reportados aumentos día hasta del 25% en actividad de bajo impacto, en entrenamientos más intensos esta actividad se multiplica por un factor de 2,6.

Zintl (1991) plantea que las reacciones de tipo central, es decir, sobre el sistema cardio- respiratorio, se dan de forma significativa entre la 5 a 8 semanas, en la siguiente medida:

a) A nivel pulmonar, a partir del aumento de la superficie respiratoria, mejorando con ello la capacidad difusora alveolo - capilar para el



Oxígeno (mayor permeabilidad), ampliación de la red capilar pulmonar (mayor superficie de intercambio de gases por parte de la sangre), ensanchamiento de venas y arterias pulmonares (para afrontar a nivel del circuito pulmonar volumen minuto cardíaco), mejora de la economía respiratoria (equivalente respiratorio), mayor paso de Oxígeno hacia la sangre de una cantidad determinada de aire.

b) A nivel cardíaco, disminución de las pulsaciones en reposo y de trabajo con el mismo rendimiento, disminución de las necesidades de Oxígeno del músculo cardíaco, incremento del volumen de pulsaciones y volumen minuto cardíaco, desarrollo del corazón del deportistas (corazón para el rendimiento), hipertrofia del músculo cardíaco, aumento de su volumen, aumento de la circulación coronaria, formación de nuevos capilares y ampliación de los existentes.

c) En la sangre, incremento del volumen cardíaco (en unos 1 - 2 L), disminución del hematocrito (45% a 40%), disminución de la viscosidad por mayor aumento de líquido en el plasma frente a sustancias sólidas, incremento de la capacidad de amortiguamiento, aumento de la concentración de potasio y calcio.

d) En la circulación periférica, mejor capitalización a nivel del músculo esquelético (abertura de los capilares en reposo, incremento del segmento capilar), mejora de la distribución sanguínea intramuscular (índice de irrigación más enfocado al esfuerzo) (Zintl, 1991:56).

De todas formas, aunque existe consenso sobre las adaptaciones logradas, no parece haberlo frente al tiempo necesario de adaptación. Con base en las investigaciones y textos revisados (Zintl, 1991; López,



2006; García, 1995; Weineck, 2005), se puede establecer entre 5 a 13 semanas el rango de semanas en los cuales se dan resultados significativos sobre la variabilidad del VO_2 max. Sin embargo, tal como se ha señalado, estas modificaciones dependerán de cada sujeto.

Un aspecto en el cual parece haber acuerdo entre las investigaciones citadas consiste en que los cambios significativos en el VO_2 máx se produjeron cuando el nivel de intensidad de la carga aumentó en contraprestación a su volumen. García (2009 – 2010), reportó aumentos significativos a intensidades correspondientes al 90% del VO_2 máx ($p < 0.05$). Wojczuk (1984) reportó cambios estadísticamente muy significativos entre la preparación especial y competitiva ($p = 0.01$). Al respecto Wilmore & Costill (1994:187) plantean que, si bien la resistencia aerobia provoca cambios a nivel oxidativos, y sobre todo en las fibra musculares de contracción lenta (ST), el entrenamiento intensivo debe procurar que la velocidad metabólica de este tipo de fibra mejore, estimulando la transformación de fibras (FTb) a fibras (FTa). Este cambio refleja la mayor utilización de fibras rápidas durante ejercicios agotadores y si bien la capacidad aerobia está limitada por el transporte de Oxígeno a nivel cardiovascular, un aumento de los porcentajes de participación anaerobia supondría mejoras en el sostenimiento de la intensidad de carga en actividades de tipo aerobio.

Como aspecto que refuerza lo planteado, estos estudios establecieron que, con porcentajes menores de intensidad 70% a 80% del VO_2 máx, relativo, según López (2006) al 75% – 85% de la FC máx (Pág.477), hubo mejoría del VO_2 máx, pero a porcentajes que no reflejan cambios significativos. Un estudio que no encuentra resultados concordantes con estos cambios, fue realizado por Scott & col.(2009) y en él describieron



los cambios durante un plan de entrenamiento de 4 semanas al 70% del VO_2 máx en kayakistas juveniles de Canadá. Reportaron los siguientes resultados: hubo cambios muy significativos en el umbral anaeróbico ($p= 0.007$) pero no el VO_2 máx. Es importante resaltar que los estudios citados también presentaron aumentos estadísticamente significativos en condiciones de intensidad del umbral anaerobio, en las primeras semanas de entrenamiento. García (2009) reportó un aumento de 9.4% de VT ($p<0,05$); Wojczuk (1984) reportó mejoras significativas en el Uman (umbral anaerobio) ($p<0.05$); Kindermann (en Weineck, 2005), sitúa el Uman, en deportistas de resistencia, en torno al 80 % de la capacidad de rendimiento máxima y en torno a una frecuencia cardíaca media de 165 a 175 latidos/min.

Según Weineck (2005), este tipo de cambios informan acerca de los efectos del entrenamiento sobre el porcentaje aprovechable del VO_2 máx, para las cargas de resistencia. Este dato interesa para la práctica deportiva en la medida en que el entrenamiento puede mejorar la capacidad de VO_2 máx sólo hasta un 15-20 %, y sin embargo puede mejorar hasta un 45 % la capacidad para aprovechar un porcentaje elevado del VO_2 máx. En consecuencia, puede ocurrir perfectamente que deportistas con valores inferiores de consumo máximo de Oxígeno absoluto o relativo, desarrollen en la competición una velocidad mayor que otros sujetos con valores mayores, si los primeros poseen una capacidad de rendimiento en resistencia especialmente desarrollada y adecuada, que les permita aprovechar mejor las capacidades de rendimiento de que disponen.

Así pues, la capacidad de rendimiento en resistencia no depende sólo de la capacidad de consumo máximo de Oxígeno, determinada sobre todo



de forma endógena, sino también, y en gran medida, de la capacidad para aprovechar ésta en el grado máximo posible. Para la configuración del entrenamiento, el umbral anaeróbico y su valor correspondiente de frecuencia cardíaca, proporcionan indicios importantes sobre la intensidad de carga óptima y sobre el grado de desarrollo del estado de entrenamiento (Weineck, 2005). El presente trabajo arrojó resultados absolutos de $VO_2\text{max}$ al término de las 8 semanas de realización del plan (8.98%), sin embargo no valoró los resultados parciales ni el Uman.

Por otro lado, un propósito desde el inicio fue establecer los efectos del entrenamiento con el método continuo intensivo sobre la capacidad de trabajo. Tal como explica Weineck, este efecto no solo es observable sobre porcentajes altos de $VO_2\text{max}$, sino también en la carga movilizada a estos porcentajes cercanos al máximo. Por tal razón se ubicaron porcentajes de intensidad de carga de 75% y 85 % $FC_{\text{máx}}$ (70 % – 80% $VO_2\text{max}$), en el primer mesociclo (micros 1 a 4), y del 85 % al 95 % de la $FC_{\text{máx}}$ (80 % – 90% $VO_2\text{max}$) en el segundo mesociclo (micros 5 a 6), tratando de crear adaptaciones iniciales sobre la capacidad de trabajo, y luego aprovechar la adaptación y mejorarla con una intensidad de carga más alta.

4.2 Velocidad de desplazamiento

Los reportes de esta investigación muestran que hay resultados estadísticamente muy significativos ($P= 0.01$), en la evolución de la velocidad de desplazamiento (mts/seg) en la distancia de 1000 metros, en el desarrollo del plan de entrenamiento a partir del método continuo intensivo. Si bien no se encontraron reportes que permitan relacionar la mejoría en la velocidad de desplazamiento para la distancia de 1000



metros u otro tipo de distancias, durante la realización de un plan de entrenamiento en canotaje o deportes con características similares.

Para esta investigación, los resultados se pueden considerar como consecuencia de la mejoría del VO_2 máx y los cambios de tipo fisiológico ocurridos que influyen, no solo en la mejoría de la variable funcional, sino sobre otros aspectos de tipo condicional relacionados con la ejecución del movimiento, en factores como la eficiencia física y la capacidad coordinativa.

Desde el punto de vista condicional, la velocidad de desplazamiento en canotaje depende de la capacidad para mantener la eficiencia física sobre la ejecución del movimiento a altas tasas de utilización de energía, hecho relacionado con el desarrollo del VO_2 máx y la capacidad de aplicación de la fuerza. Al respecto López (2006) encontró que el VO_2 max depende, entre otros factores, del peso magro libre de grasa, pues a mayor masa, mejores posibilidades hay sobre la mejoría de esta medida aeróbica. Los valores, tanto del volumen sanguíneo, como del volumen sistólico en reposo y en la actividad, presentan elevada correlación con la masa magra, posibilitando mejorar la capacidad de trabajo (López, 2006:410). Quiere decir esto que la fuerza es un determinante en la capacidad para mantener un esfuerzo de tipo aeróbico a máxima intensidad, como se indicó en las conclusiones anteriores sobre esta medida. Una de sus manifestaciones especiales, la fuerza-resistencia, da cuenta de la condición para mantener una adecuada contracción muscular durante periodos de tiempo relativo, debido a que, a mayor número de fibras y coordinación muscular, mejor será la fuerza y por ende mayor la posibilidad de transferir todo el potencial funcional del organismo a acciones de tipo cinemático, como la velocidad de desplazamiento.



Sobre este aspecto, un reporte de investigación a destacar es el estudio de Yuzo & col. (2004:70), en el cual se detalla la contribución de tipo aerobio y anaerobio utilizando valoraciones de tipo bioenergético sobre distancias de 500 y 1000 metros en canotaje, en la distancia de 1000 metros. El estudio concluyó que el aporte del metabolismo aerobio esforzado a máxima intensidad en esta distancia es de $78,6 \pm 4,9 \%$ (75,3 - 81,9), hecho que determina la importancia del VO_2 máx en el tiempo que se utiliza para el cubrimiento del aporte energético en carreras sobre estas dimensiones y de la fuerza como factor necesario para mantener la presión sobre la pala.

Desde el punto de vista coordinativo, la velocidad de desplazamiento en canotaje se presenta como resultado de acciones motrices coordinadas y eficientes que estimulan el desarrollo de las capacidades condicionales, en un especie de relación dual, en la cual el desarrollo de ambas es correlativo (Hérrnandez ,1993:106). Según Hirtz (en Ramón, 2011), las capacidades coordinativas tienen su base en programas motores; la velocidad, en el aprendizaje de destrezas motrices o técnicas deportivas. La velocidad de desplazamiento en canotaje está determinada por la eficiencia del ciclo de paleo y este por aspectos de tipo condicional, como el vinculado al VO_2 máx.



5. Conclusiones

La investigación estuvo orientada fundamentalmente a dos tipos de indagaciones concernientes al plan de entrenamiento y bastante sensibles en las posibilidades sobre la réplica que de este trabajo se pueda hacer en posteriores espacios deportivos propios de la práctica del canotaje.

La primera indagación tuvo que ver con la pertinencia del método continuo intensivo sobre el desarrollo del consumo máximo de Oxígeno a intensidades de carga comprendida entre el 70% y 90% de la FCmáx. Se quiso averiguar si esta carga, que guarda relación con el tipo de método continuo, permitía el desarrollo de las variables VO_2 máx ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) y la velocidad de desplazamiento (m/seg), en las condiciones de tiempo total de desarrollo del plan, que en este caso se propuso en 8 semanas, con periodos de acento específico de carga entre 48 a 72 horas.

En segunda instancia se cuestionó si el plan de entrenamiento generaba cambios estadísticamente significativos en el desarrollo del VO_2 máx y la velocidad de desplazamiento, con los contenidos de carga y duración del tratamiento mencionado. Una vez se llevó a cabo el experimento aplicando la metodología investigativa descrita; después de haber obtenido y analizado los resultados y contrastarlos con otros reportes de investigación e indagar en fuentes bibliográficas sobre el entrenamiento deportivo, se puede plantear como conclusión que:

El plan de entrenamiento estructurado sobre el método continuo intensivo, presentó cambios estadísticamente significativos en el



VO₂máx y muy significativos en la velocidad de desplazamiento en la población de sujetos canoistas valorados pertenecientes a la liga de canotaje de Antioquia

Referencias

- Alacid F (2010). Estrategia de paso y frecuencia de ciclo en piragüismo en los Juegos Olímpicos de Pekín. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 38.
- Bompa T (1983). *Theory and methodology of training*. Dubuque: Kent – Kendal.
- COE Comité Olímpico Español (1993). *Piragüismo II*. Madrid: COE.
- Córdova A (1997). *La fatiga muscular el alto rendimiento deportivo*. Madrid: Síntesis.
- Forbes SC, Fuller DL, Krentz JR, Little JP, Chilibeck PD (2009). Anthropometric and Physiological Predictors of Flat-water 1000 m. *International Journal of Exercise Science*, 2(2):106-14.
- Froelicher H (1974). *A comparison of the reproducibility and physiologic response to three maximal tread mill exercises protocol*. Texas, USA: Clinical Sciences Division, USAF School of Aerospace Medicine, Brooks Air Force Base.
- García J, Sanchez L, Carrasco L, Diaz A, Izquierdo M (2009). Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *Eur J Appl Physiol*, 106(4):629-38



- García J, García M, Sánchez L, Izquierdo M (2010). Performance changes in world - class kayakers following two different training periodization models. *Eur J Appl Physiol*, 110(1):99-107 .
- García J (1995). *Planificación del entrenamiento*. Madrid: Gymnos.
- González J (2004). *Curso Universitario de especialista en alto rendimiento módulo 3*. Madrid: COE - Universidad de Castilla La Mancha.
- Gorostiaga E (2004). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza aplicada al alto rendimiento. Texto básico master alto rendimiento*. Madrid, España: COE Universidad de Madrid.
- Granda Y (2004). *Análisis biomecánico de la técnica de paleo de Ledi Frank Balceiro en competencias de canotaje*. Matanzas Cuba: Universidad Camilo Cienfuegos.
- Henritze JA, Weltman A, Schurrer RL, Barlow K (1985). Effects of training at and above the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(1):84-8.
- Hernández S (1991). *Piragüismo I*. Madrid: Real Federación Española de Piragüismo.
- Hernández T (1993). *Piragüismo I*. Madrid: Comité Olímpico Español.
- Hosley M, Matthews PR, Hameister BG (1995). Attitudes of college students toward study abroad: implications for disability service providers. *Journal on Postsecondary Education and Disability*, 13(2).
- López J (2006). *Fisiología del ejercicio* (3ª ed.). Madrid: Panamericana.
- Navarro VF (2004). *Curso universitario de especialista en alto rendimiento*. Toledo: Comité Olímpico Español, Universidad de Castilla La Mancha.
- Ozolin N. (1970). *Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo*. Moscú: Progreso.



- Ramón G (2009). *Biomecánica deportiva y control del entrenamiento*. Medellín, Colombia: Funámbulos.
- Timothy PS (1999). Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on O₂max and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6):892-6.
- Weineck J (2005). *Entrenamiento total*. Madrid: Paidotribo.
- William S (1985). *Nutrición. Conceptos básicos y aplicaciones*. México DF: Mc Graw - Hill.
- Wilmore JH, Costill DL (1994). *Fisiología del esfuerzo y del deporte (5ª ed.)*. Madrid: Paidotribo.
- Wojczuk J (1984). Effects of training on specific work capacity in a group of junior kayakers. *Biology of Sport*, 1(3/4): 209-20.
- Yuzo F, Oliveira T, Rodrigo O, Serpeloni E, Kokubun E (2009). Estimativa do custo energético e contribuição das. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(2):60-76.
- Zintl F (1991). *Entrenamiento de la resistencia*. Madrid: Paidotribo.



Cuantificación de la respuesta fisiológica de jugadores de rugby subacuático durante un partido

Quantification of the physiological response of underwater rugby players during a match

Jorge Luis Petro Soto¹⁰

Robinson Vásquez Gómez¹¹

Jaime Albarracín¹²

Resumen

El propósito del presente estudio fue cuantificar la respuesta fisiológica de los jugadores de Rugby Subacuático (RA) durante un partido. Se realizó una investigación descriptiva, donde se evaluaron 12 jugadores de la selección del Valle del Cauca de RA, con una edad de 25.5 ± 7.3 , masa corporal total de 79.65 ± 11.9 kg, talla de 172.3 ± 4.4 cm e Índice de Masa Corporal (IMC) 26.8 ± 3 . Se efectuaron mediciones de lactato sanguíneo [bLa], con el equipo analizador Lactate Plus®; registros de Frecuencia Cardíaca (FC), a través de pulsómetros POLAR S810™ y Saturación Periférica de O₂ (SpO₂), utilizando para ello un oxímetro de

¹⁰ Grupo de Investigación GICAFS - Universidad de Córdoba.

¹¹ Estudiante de Profesional en Ciencias del Deporte, Universidad del Valle Cauca. Entrenador de Actividades Subacuáticas.

¹² Médico Deportólogo InderValle – Federación Colombiana de Natación.



pulso portátil. De acuerdo al análisis estadístico, la concentraciones de [bLa] halladas en el grupo de estudio fueron 7.9 ± 2.7 mM; de FC fue de 156.5 ± 20.0 Lat.min y de SpO_2 93.5 ± 2.9 %. Entre los resultados obtenidos, se resalta que los guardas fueron los jugadores con mayores niveles de [bLa]; por otro lado, no se encontró una correlación importante entre las variables fisiológicas de estudio. Se concluye que el RA es un deporte complejo que impone grandes demandas fisiológicas al organismo y que, desde el punto de vista metabólico, requiere de la sinergia de los sistemas anaeróbicos y aeróbicos, para mantener una producción y remoción de [bLa] a niveles suficientes para responder a las exigencias de este novedoso deporte.

Palabras Clave: *Rugby Subacuático, Lactato Sanguíneo, SpO_2 , Frecuencia Cardíaca.*

Abstract

The purpose of this study was to quantify the physiological response of Underwater Rugby (RA) players during a match. We performed a descriptive research, which evaluated 12 players from the Cauca Valley of RA, with an age of 25.5 ± 7.3 , total body mass 79.65 ± 11.9 kg, and size of 172.3 ± 4.4 cm and Body Mass Index 26.8 ± 3 . Measurements of blood lactate (bLa) with Lactate Plus[®] analyzer equipment records heart rate (HR), heart rate monitors by Polar S810[™] and peripheral O₂ saturation (SpO₂) using a portable pulse oximeter. According to statistical analysis, the concentrations of [bLa] found in the study group were 7.9 ± 2.7 mM, of FC was beat.min 156.5 ± 20.0 and $93.5 \pm 2.9\%$ SpO₂. Among the results obtained, it is emphasized that the guards were the players with higher levels of [bLa], on the other hand, no significant correlation was



found between the physiological variables of study. We conclude that RA is a complex sport that puts high physiological demands the body and from the metabolic point of view, requires the synergy of anaerobic and aerobic systems to keep production and removal of [bLa] at levels sufficient to meet the demands of this new sport.

Keys Words: Underwater Rugby, Blood Lactate, SpO₂, Heart Rate.

1. Introducción

El rugby subacuático (RA) es una disciplina deportiva que se viene practicando desde 1960 en Alemania. Introducido por Ludwig Von Bersuda, miembro del Club Subacuático Alemán (DUC) de Colonia, quien tuvo la idea de desarrollar un juego bajo el agua con un implemento de flotabilidad negativa, para lo cual utilizó una bola que contenía una solución de agua con sal. Además, se utilizó como recurso de algunos centros de buceo, quienes, en búsqueda de mantenerse en forma en la época de invierno, ayudaron a desarrollar este deporte. En 1978, el RA es reconocido oficialmente por La Confederación Mundial de las Actividades Subacuáticas CMAS, como un juego de equipo, y se lleva a cabo el primer Campeonato Europeo en la ciudad de Malmo, Suecia. Posteriormente se abrió paso en otros países europeos. En Cali, Colombia, se realizó un Campeonato mundial con el propósito de promocionar esta disciplina en Suramérica (Castrillón & Escobar, 1995).

Según la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas CMAS (González, 2012), el RA se define, de acuerdo a su reglamentación, como:



Deporte jugado por dos equipos de seis jugadores dotados con equipo básico de buceo (aletas, máscara y snorkel), bajo la superficie del agua en una piscina. El objetivo del juego consiste en introducir un balón de flotabilidad negativa en la portería del equipo contrario. Cada portería está ubicada en el fondo de la piscina a cada extremo del área de juego.

Un equipo de RA está conformado por doce (12) jugadores que participan todo el tiempo, de forma alternada, ya que los cambios son libres. Seis (6) de ellos deben estar en el agua y los seis (6) restantes en banca. Las posiciones o roles de juego de esta disciplina, para el desarrollo de un partido, son: Arquero, Guarda-Portero y Delantero. A pesar del rol que ocupa el jugador dentro del partido, éstos tienen claro que en diferentes circunstancias como defensa, transición y ataque, debe quedar un jugador por posición en inmersión como mínimo; es decir, deberían encontrarse, en teoría, tres (3) jugadores de un mismo equipo bajo el agua durante todo el partido. La dinámica del juego en esta disciplina, en situaciones ofensivas, no establece una posición de juego definida. De manera que la definición de los nombres y las funciones está determinada por las situaciones defensivas (Stewenius, 2008).

Este deporte tiene una condición especial y lleva consigo un alto nivel de esfuerzo físico, que expone al deportista a un medio subacuático, el cual le concede un estado de ingravidez, cambios respiratorios, resistencia al avance, presión hidrostática y exige una alta capacidad pulmonar, características fisiológicas dignas de ser estudiadas. En este sentido, las demandas y el riesgo que implica la práctica de esta disciplina deportiva,



hace necesario intervenir desde la perspectiva del entrenamiento deportivo y las ciencias aplicadas al mismo (Martí, 1970; Gallo, 1998).

En la actualidad existen pocas investigaciones que documenten la demanda fisiológica de jugadores de RA durante un partido, las cuales puedan brindar una mayor comprensión acerca de diversos aspectos de interés como, por ejemplo, el predominio de los sistemas energéticos, la utilización de sustratos energéticos y el estrés cardiovascular al que se someten los jugadores durante la práctica de este deporte.

Puesto que numerosos estudiosos en el ámbito deportivo han considerado necesario conocer las demandas fisiológicas a las que se someten los deportistas en situaciones reales de juego (Grosgeorge, 1990) y que, además, estas aproximaciones del esfuerzo físico aportan conocimientos acerca de los diferentes medios en los que se practican los deportes, no se pueden desconocer las características y condiciones de la disciplina, pues el medio acuático es altamente exigente y la práctica de este deporte exige un incremento considerable del esfuerzo físico. (Martí 1970)

Se ha documentado que indicadores como el Lactato Sanguíneo [bLa] y la Frecuencia Cardíaca (FC), han sido uno de los parámetros más estudiados por excelencia para el análisis de la respuesta –tanto aguda como crónica- al esfuerzo físico, así como también para la planificación y control del entrenamiento deportivo (Viru & Viru, 2001; Mujika, 2006; Borresen & Jill, 2009).

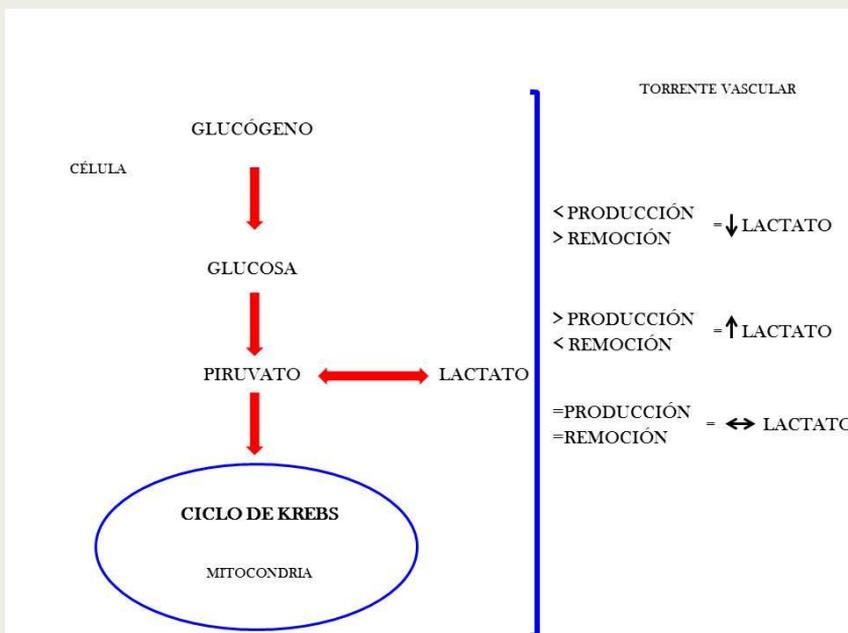
El [bLa] es una molécula orgánica que se produce a partir de piruvato, en reacción catalizada por la Lactato Deshidrogenasa (LDH).



Considerando los niveles de pH fisiológico celular (7.2 – 7.4) y/o sanguíneo (7.4) (Lodish & col. 2005) y el pK del ácido láctico (3.86), el producto que se formará es Lactato y no ácido láctico (Robergs & col. 2001; Robergs & col. 2004, Mendoza, 2008). El [bLa], como indicador bioquímico de control de la carga física, expresa la implicancia de la glucólisis en el esfuerzo físico y, por consiguiente, la intensidad del esfuerzo (Mazza, 1997). Para ello, se debe considerar aspectos como el recambio de Lactato intracelular (*Turnover Lactate*), es decir, la relación entre la tasa de producción (TS) y la tasa de remoción (TR). Así, en esfuerzos físicos intensos y sostenidos, la TS supera a la TR, elevándose la concentración de [bLa] en sangre (figura 1). Otro aspecto importante a considerar para el estudio del lactato en sangre, es el fenómeno del “*Shuttle del Lactato*”, que es el transporte de lactato que se da entre las células musculares y otras células musculares o celular musculares y otros tejidos para su metabolización (Brooks & col. 1999; Brooks, 1986, 2000, 2002, 2007).



Figura 1. Esquema de la producción y remoción de lactato. Adaptado de Mazza, 1997.

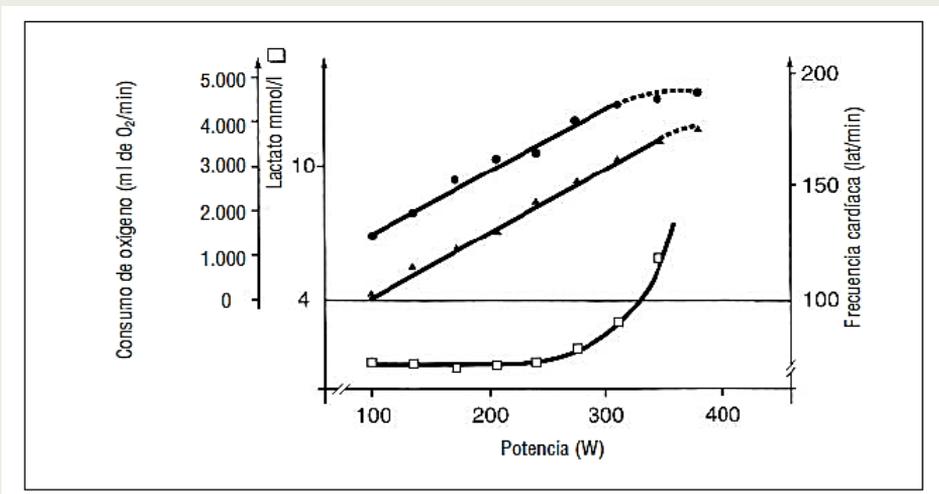


Por su parte, la FC es un indicador que expresa la intensidad del esfuerzo físico, mostrando un comportamiento similar al consumo de Oxígeno cuando el ejercicio se mantiene constante por unos pocos minutos; por consiguiente, puede utilizarse de manera parecida –al VO_2 – para estimar la intensidad del esfuerzo bajo este criterio (Mujica, 2006). Según Hopkins (1991), el método de la FC cardíaca presenta como ventaja principal, sobre el consumo de Oxígeno, que es mucho más sencillo, práctico y económico (Hopkins 1991). De acuerdo con Billat (2002), al inicio de un esfuerzo se produce un aumento rápido de la frecuencia cardíaca. Se ha demostrado que la frecuencia cardíaca y el



gasto cardíaco (volumen de sangre que expulsa el corazón en un minuto) empiezan a aumentar en los primeros segundos del ejercicio. Si éste se efectúa a potencia constante y por debajo del umbral de inicio de acumulación [bLa] se obtiene, en 2 a 3 minutos, una meseta de la frecuencia y del gasto cardíaco (salvo, precisamente, en condiciones de calor y humedad). Esta respuesta es paralela a la del consumo de Oxígeno (figura 2).

Figura 2 Evolución del consumo de Oxígeno (●), frecuencia cardíaca (▲) y lactemia (□) durante un test de rendimiento en bicicleta ergométrica hasta el agotamiento. Fuente: Billat (2002).



Por otra parte, la saturación de Oxígeno ha sido un indicador utilizado con menos frecuencia, en comparación con los indicadores mencionados, en las evaluaciones en el campo de las ciencias del ejercicio; sin embargo, se han realizado diversas investigaciones que han evidenciado la desaturación de O₂ inducida por el esfuerzo físico



distintas especies de mamíferos (Dempsey & Wagner, 2001) y varias disciplinas deportivas o esfuerzo físico (Martín, 1997; Escudero, 1997; Garrido & col. 2005; Escudero, 2006). Estas mediciones de saturación de O_2 , se pueden realizar a través de oxímetros de pulso, los cuales permiten, de una forma rápida y sencilla, medir de forma indirecta los niveles de saturación de Oxígeno periféricos (SPO2). Este indicador, en deportistas que entrenan o compiten en medio subacuático, se puede configurar en una variable de gran interés, debido a las constantes y prolongadas apneas a las que se ven expuestos, sumadas al esfuerzo físico realizado que conllevaría, en consecuencia, a una desaturación importante.

Con base en este marco referencial, el presente estudio tuvo como finalidad cuantificar la respuesta fisiológica durante un partido de RA de la Selección de Valle del Cauca, realizando para ello: registro de los valores de frecuencia cardíaca, mediciones de [bLa] y mediciones de Saturación de Oxígeno Periférica (SPO2).

2. Metodología

2.1 Tipo de Estudio

Siguiendo los planteamientos de Hernández & col. (2006), el presente estudio se enmarca bajo un enfoque cuantitativo, debido a que la implementación de los procedimientos estadísticos de las variables de estudio es imprescindible para alcanzar los objetivos. Según el alcance, es una investigación de tipo exploratorio, debido a que existen pocos antecedentes en esta línea. A su vez, es un estudio de tipo de



descriptivo porque se caracteriza la demanda del esfuerzo mediante el estudio de las variables fisiológica de [bLa], FC y SpO₂.

2.2 Sujetos

Participaron doce jugadores de la selección de RA de la Selección Valle del Cauca, con edades de 25.55 ± 7.3 , masa corporal total de 79.65 ± 11.9 kg, talla de 172.3 ± 4.4 cm e Índice de Masa Corporal (IMC) 26.8 ± 3.7 .

Estos deportistas cumplieron los criterios de selección establecidos, como es: pertenecer a la selección de RA del Valle del Cauca, participar voluntariamente en el presente estudio (firmando para ello el consentimiento informado), estar activo y no tener impedimentos físicos o de cualquier índole que pudiera inviabilizar las mediciones planteadas.

2.3 Procedimientos

Las mediciones se realizaron durante el desarrollo de un partido de RA. Se tomaron 4 muestras de cada variable (Tabla 1) por jugador, durante todo el partido; de esta forma, se tomaron 2 muestras en el primer tiempo y 2 en el segundo tiempo. En el primer tiempo, la primera muestra se tomó después de su primera participación en el momento de la sustitución en banca de cada jugador. La segunda, después de su tercera participación en el momento de la sustitución (Las sustituciones en un partido de RA son libres y se pueden presentar en promedio 4 veces por jugador, por cada tiempo del partido). Del mismo modo, se realizó la medición en el segundo tiempo.



Las mediciones de [bLa] se tomaron con el Analizador Lactate Plus® de Nova Biomedical®, previa calibración del mismo. El sitio seleccionado para tomar la muestra fue el lóbulo de la oreja. El registro de la FC se realizó mediante Pulsómetros Polar S810™. Finalmente, la SPO2 se midió con un Oxímetro de pulso Nonin®, en el pulgar de la mano derecha.

Tabla 1. Variable de estudio contemplado en la presente investigación.

Variable	Instrumento de Medición	Unidad de Medida
Lactato Sanguíneo	Analizador de Lactato Lactate PLUS	<i>Milimoles por Litro de Sangre (mmol·Lit⁻¹ ó mM)</i>
Frecuencia Cardíaca	Pulsómetro Polar S810™	<i>Latidos por minutos (Lat.min)</i>
Saturación de Oxígeno Periférica	Oxímetro de Pulso Nonin®	<i>Porcentaje (%)</i>

Estas mediciones se llevaron a cabo en la piscina de Rugby Subacuático “Alberto Galindo” (Cali), cuya dimensión es de 4,5 metros de profundidad, 18 metros de largo y 12 metros de ancho aproximadamente, a una temperatura ambiental de 28 °C y una Humedad Relativa del 80%.

2.4 Procedimientos estadísticos

Con los datos recolectados se elaboró una base de datos en el programa informático Microsoft® Excel® 2010. El procesamiento estadístico se realizó con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS®) Versión 21 para Windows versión 21 y El software Statgraphics Centurion Versión XV.



Se realizaron pruebas estadísticas descriptivas de tendencia centralizada (media) y de variabilidad (desviación estándar, rango y coeficiente de variación simple). Para establecer la normalidad de los datos de las variables a estudiar se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para establecer la diferencia entre las medias de las muestras tomadas durante el partido, se empleó la prueba de análisis de varianza (Anova), previa comprobación de normalidad y de la varianza de las muestras, teniendo en cuenta un nivel de confiabilidad del 95% (nivel de significancia de 0,05). La correlación entre las variables de estudios ([bLa], FC, SpO₂), se realizó con la prueba de regresión simple, estableciendo así el coeficiente de correlación de Pearson.

3. Resultados

Los resultados estadísticos descriptivos de las variables de concentración de [bLa], FC, y SpO₂ evaluados en los dos tiempos (dos veces por cada tiempo) durante un partido de RA, son muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados estadísticos descriptivos de las variables fisiológicas de estudio durante los tiempos de juego de un partido de Rugby Subacuático.

	1T:1 Muestra	1T: 2 Muestra	2T: 3 Muestra	2T: 4 Muestra	Total
[bLa] (mM)	8.3 ± 2.6	9.0 ± 2.6	7.8 ± 2.7	6.8 ± 2.7	7.9 ± 2.7
FC (Lat.min ⁻¹)	158.2 ± 18.0	156.9 ± 21.5	158.4 ± 21.3	152.6 ± 21.1	156.5 ± 20.0
SpO ₂ (%)	94.3 ± 2.3	92.5 ± 3.6	94.3 ± 2.6	92.9 ± 3.0	93.5 ± 2.9



De acuerdo con estos resultados, podemos destacar que para la variable [bLa] –el cual indica en buena medida la participación de la glucólisis en el aporte energético durante un esfuerzo físico y, además, el balance entre los proceso de producción y remoción– expresó su máximo valor promedio en el grupo en la segunda muestra del primer tiempo (9.0 mM), mientras que en la última muestra realizada –del segundo tiempo– se encontró el menor valor promedio y variación de [bLa], 6.8 mM. De acuerdo a la prueba de análisis de varianza (ANOVA), no se presentó diferencia estadísticamente significativa ($p>0,05$) entre los valores de la media de [bLa] de las muestras realizadas durante el partido.

Con relación a la FC, según el análisis estadístico realizado, se mantuvo alrededor de las 156 Lat.min, sin mostrar cuantitativamente grandes cambios entre la media y la desviación estándar. Al igual que aconteció con las concentraciones de [bLa], no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) entre las medias de las muestras realizadas durante el partido, para este indicador de estrés cardiovascular. En cuanto a la SpO₂, se halló la menor desaturación de O₂ (92%) en el grupo de deportistas en la última toma de cada tiempo, encontrándose una reducción cercana del 7-8% de la media con relación a los valores iniciales (98%) antes de iniciarse el partido. Se destaca que no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de las muestras de SpO₂ grupo tomadas durante el partido.

En la tabla 3 se presentan los resultados estadísticos de las variables de cuantificación del estrés fisiológico estudiadas en esta investigación, por posición de juego (arqueros, delanteros y guardas).



Tabla 3. Resultados estadísticos descriptivos de las variables fisiológicas de estudio, por posición de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.

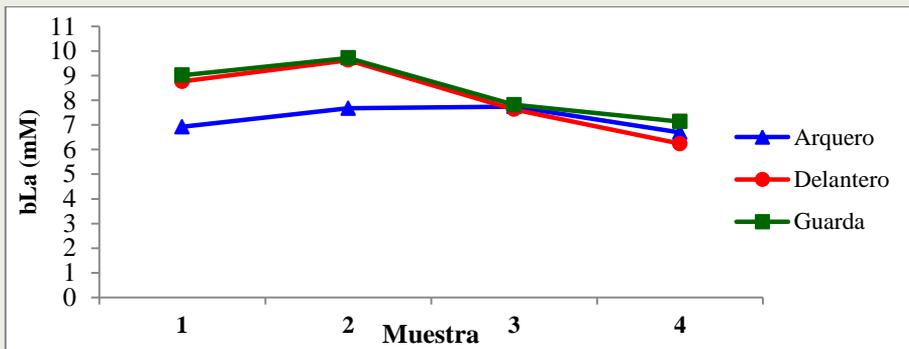
		1T: 1	1T: 2	2T: 3	2T: 4
		Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
Arquero	[bLa] (mM)	6.9 ± 1.4	7.7 ± 2.5	7.8 ± 3.3	6.7 ± 2.0
	FC (Lat.min ⁻¹)	161.8 ± 14.9	152.3 ± 13.5	152.8 ± 19.6	151.5 ± 6.4
	SpO2 (%)	94.3 ± 2.8	93.0 ± 3.5	92.5 ± 3.0	92.8 ± 1.5
Delantero	[bLa] (mM)	8.8 ± 2.7	9.6 ± 2.0	7.6 ± 2.3	6.2 ± 2.3
	FC (Lat.min ⁻¹)	162.0 ± 18.2	173.3 ± 20.6	161.7 ± 26.1	167.0 ± 36.5
	SpO2 (%)	96.7 ± 1.2	94.0 ± 3.5	96.7 ± 1.5	92.3 ± 6.4
Guarda	[bLa] (mM)	9.0 ± 3.3	9.7 ± 3.0	7.8 ± 3.0	7.1 ± 3.7
	FC (Lat.min ⁻¹)	153.0 ± 22.4	150.8 ± 25.5	161.0 ± 23.9	144.8 ± 17.3
	SpO2 (%)	92.8 ± 0.8	91.2 ± 4.1	94.2 ± 1.6	93.4 ± 1.5
Total	[bLa] (mM)	8.3 ± 2.6	9.0 ± 2.6	7.8 ± 2.7	6.8 ± 2.7
	FC (Lat.min ⁻¹)	158.2 ± 18.0	156.9 ± 21.5	158.4 ± 21.3	152.6 ± 21.1
	SpO2 (%)	94.3 ± 2.3	92.5 ± 3.6	94.3 ± 2.6	92.9 ± 3.0

Los guardas fueron los jugadores que más mostraron incrementos en la concentración de [bLa] durante el partido, seguidos por los delanteros, mientras que los arqueros mostraron, generalmente, la menor concentración de este indicador bioquímico (gráfico 1), expresando que



la demanda de esfuerzo y la mayor participación glucolítica es un poco mayor en los guardas, por las acciones de juegos que deben realizar (propias de su rol durante el partido). El comportamiento de la curva muestra que las mayores concentraciones de [bLa] en el primer tiempo y específicamente sobre el final del primer tiempo aumenta, situación que acontece para todas las posiciones de juego, pero el segundo tiempo tiende a ser menor.

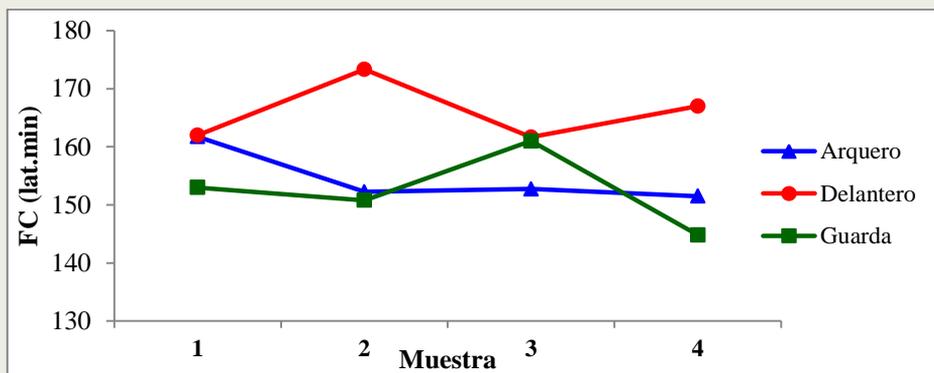
Gráfica 1. Concentraciones de Lactato en Sangre [bLa], por posiciones de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.



En lo que respecta a la FC, se encontraron diferentes tendencias en la respuesta de este indicador en los jugadores de las distintas posiciones. En primer lugar, se destaca que el análisis estadístico indicó que los delanteros fueron los jugadores que mostraron los valores más altos de esta variable, sobre todo al finalizar cada tiempo de juego. Los guardas solo mostraron el mayor incremento de la FC en la primera parte del segundo tiempo, mientras que los porteros tuvieron el máximo registro en la primera parte del primer tiempo, manteniendo una cifra regular durante las demás tomas del partido (Gráfica 2).



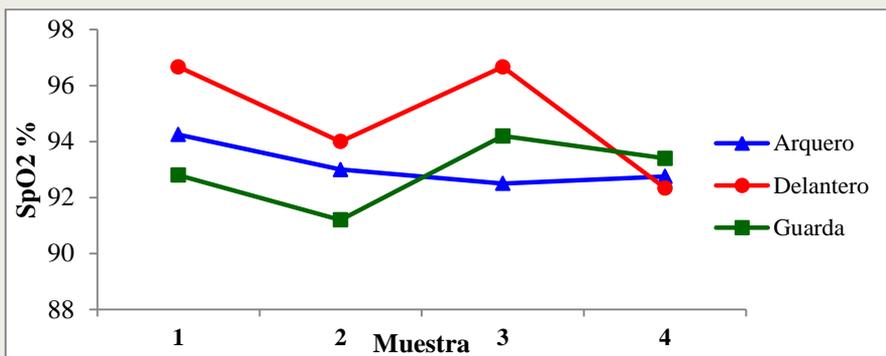
Gráfica 2. Respuesta de la Frecuencia Cardíaca, por posiciones de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.



Con relación a la SpO₂ (Gráfica 3), los guardas mostraron la mayor desaturación de O₂ durante el primer tiempo del partido, especialmente hacia el final del mismo; en el segundo tiempo la saturación fue mayor. Por su parte, los delanteros mostraron la mayor desaturación al final de cada tiempo, siendo mayor en el segundo periodo. El comportamiento de la variable en cuestión en los Arqueros, durante el partido, muestra la mayor desaturación hacia la parte final del primer tiempo, manteniendo posteriormente valores alrededor del 92% y cercana a los valores de la media del grupo de jugadores (93.5%).



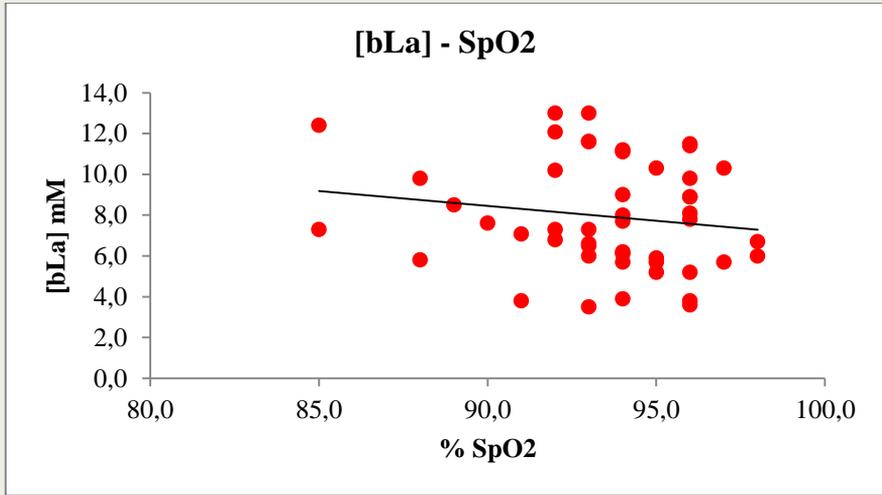
Gráfica 3. Niveles de Saturación de la Hemoglobina con el Oxígeno (SpO₂), por posiciones de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.



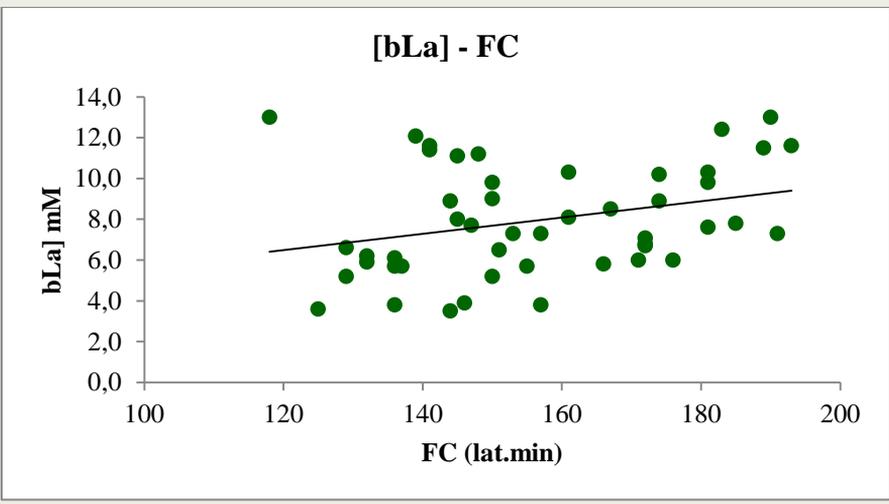
El análisis de correlación entre las variables fisiológicas de estudio de FC, SpO₂ y [bLa] del grupo de deportistas que jugaron el partido, arrojó como resultado de las pruebas de modelo de regresión simple, que no hay un correlación importante entre las variables FC vs SpO₂, FC vs [bLa], SpO₂ vs [bLa], no siendo mayor el valor R cuadrada del 12% para ninguna de las correlaciones entre las variables y, lo que sería una correlación débil según el coeficiente de correlación de Pearson, (Hernández & col. 2006).



Gráfica 4. Correlación entre las concentraciones de bLa y SpO2 durante un partido de los jugadores de Rugby Subacuático estudiados. Valor de R-cuadrada = 2.5%.

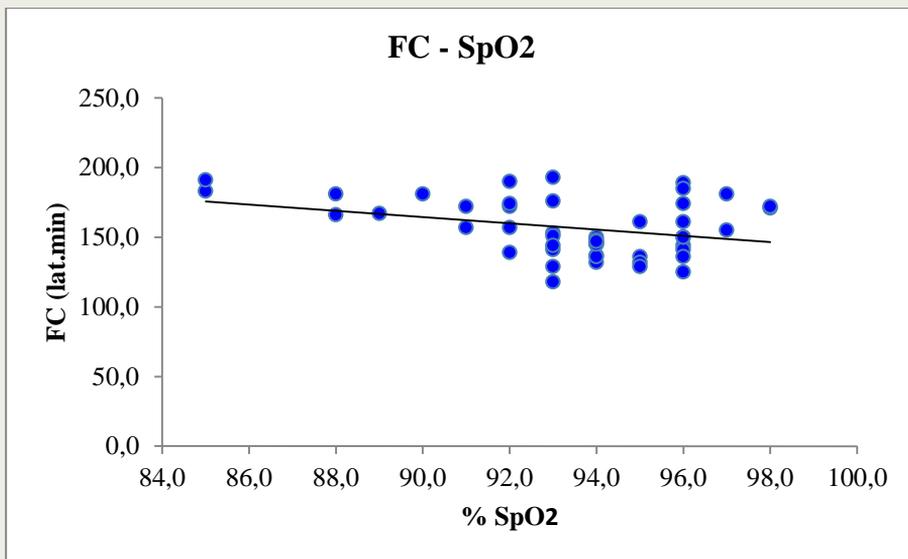


Gráfica 5. Correlación entre las concentraciones de bLa y FC durante un partido de los jugadores de Rugby Subacuático estudiados. Valor de R-cuadrada = 8.9 %.





Gráfica 6. Correlación entre las concentraciones de FC y SpO2 durante un partido de los jugadores de Rugby Subacuático estudiados. Valor de R-cuadrada = 10,7%.



4. Discusión

El RA es un deporte relativamente nuevo en nuestro país, encontrándose muy poca información científica acerca de los aspectos fisiológicos de este deporte. La presente investigación estuvo centrada en el estudio de tres variables que permiten conocer algunos fenómenos de gran interés relacionados con la demanda fisiológica de esta disciplina.

Los niveles de [bLa] encontrados en este estudio, van de un rango de 3.5 a 13.0 mM [valores medio de 7.9 ± 2.7 mM], lo cual pone manifiesto que



las repetidas acciones de tipo intermitentes de este deporte, donde se combinan manifestaciones complejas de fuerza, velocidad y resistencia (desplazamientos, lanzamientos, forcejeos, entre otros) realizadas en un medio que es 770 veces más denso que el aire y con posibilidades de realizar movimientos en todas las direcciones del espacio de juego, involucra una importante participación de la glucólisis y, por tanto, utilización importante del glucógeno muscular.

En este sentido, el RA es un deporte que impone una gran demanda tanto en los sistemas anaeróbico como aeróbico, ya que el elevado flujo glucolítico produce una rápida resíntesis del ATP, pero, a la par, se requiere una alta capacidad oxidativa para que se dé la remoción y oxidación del lactato, como producto metabólico intermediario, permitiendo, de esta manera, tener una mayor eficiencia en la producción de energía y ahorrar glucógeno muscular.

De acuerdo a las áreas funcionales para la natación, basada en las concentraciones sanguíneas de Lactato, propuesta por Mazza (no publicadas aun) y que están fundamentadas en los planteamientos que hizo Maglisco, los resultados encontrados en el presente estudio, muestran que el partido jugado por estos deportistas se desarrolla principalmente en la zona 2 y la zona 3, la cual tiene un alto compromiso del sistema aeróbico y anaeróbico láctico.



Figura 3. Áreas Funcionales según niveles de Lactato Sanguíneo. Fuente: Mazza, modificado de Maglischo, 1990.



Comparado con otros deportes, el RA tiene una gran exigencia física; muestra de ello es el estudio que se ha llevado a cabo en varios deportes donde se han realizado mediciones de [bLa] (tabla 4) y Frecuencia Cardiaca (tabla 5).



Tabla 4. Estudios de concentración de lactato en sangre en varios deportes

Disciplina Deportiva	Media mM	Autor
Rugby Seven	8	Ruffino & Wheeler, 2003
Voleibol	3.92	González, 2001
Baloncesto	5.2	Fernández & col., 2000
Futbol	12	Eklblom, 1986
Voleibol	3.8	González, 2002
Baloncesto	3.9	Calleja, 2008
Rugby Subacuático	6.7	Presente estudio , 2013

Disciplina Deportiva	Media FC (Lat.min).	Autor
Padel Masculino	148	Sañudo & col., 2008
Waterpolo	148	Konstantak & col., 1998
Rugby Seven	167	Ruffino y Wheeler, 2003
Voleibol	148	González, 2001
Baloncesto	174	Fernández & col., 2000
Futbol sala	165	Álvarez & col., 2002
Futbol	169	Fornaris & col., 1989
Futbol	175	Chamoux, 1988
Rugby Subacuático	156	Presente Estudio, 2013

Observando las concentraciones de [bLa] y los registros de FC, se recomienda entrenar globalmente las vías metabólicas, debido a las constantes acciones individuales de corta duración y de alta intensidad que requiere este deporte.

Otro punto de gran interés en este deporte, es la apnea que tienen que realizar los deportistas durante la participación de las acciones críticas



del juego que se dan en zonas profunda de la piscina, lo cual conduce a una desaturación importante de la hemoglobina. Se debe tener en cuenta factores como los cambios en el pH, la temperatura, la difusión alveolar y tisular de O₂, entre otros, que conducen a un caída de la saturación de la Hb durante el esfuerzo físico (Garrido & col. 2005). Considerando los resultados de SpO₂ obtenidos en los jugadores (93.5±2.9 %) y la relación entre la presión parcial de O₂ en sangre (PO₂) y la Saturación de la Hemoglobina con el O₂ (Garrido & col. 2005), se puede estimar que los jugadores llegaron a una PO₂ de 50 mmHg. La tabla 6 expone los resultados de los cambios de saturación de O₂ en diferentes disciplinas deportivas.

Tabla 5. Estudios de % Saturación de Oxígeno en Varias disciplinas deportivas

Disciplina Deportiva	Media SpO ₂	Autor
Futbol	92	
Baloncesto	92	
Karate	90	Martin, 1997
Atletismo	93.5	
Judo	88.5	
Rugby Subacuático	93	Presente Estudio, 2013

Según Garrido & col. (2005), “un valor crítico de PO₂ de 60 mmHg que se corresponde con una saturación del 90%, por debajo de la cual, pequeñas disminuciones de la PO₂ ocasionan desaturaciones importantes”. En este sentido, la exposición crónica a las apneas podría suponer adaptaciones orgánicas a estos deportistas, que les permitirían desaturar más lentamente y tolerar desaturaciones más bajas que



individuos promedio, aspecto que debería ser profundizado en futuras investigaciones. En tal sentido, se encontraron jugadores con valores de SpO₂ de 85% al finalizar el primer y segundo tiempo.

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación y al respectivo análisis estadístico, se concluye:

Se hallaron concentraciones de [bLa] media de 7.9 ± 2.7 mM en los jugadores durante el partido de RA, con rangos que van desde los 3.5 a 13.0 mM, lo cual supone una alta intervención del metabolismo glucolítico y oxidativo para el aporte energético. Es clave la producción y remoción del lactato en este deporte, para una mayor eficiencia en la utilización de sustratos energéticos.

Se registraron FC media de 156.5 ± 20 Lat.min y, de la misma manera, valores superiores al 80% de la FCMáx (Teórica), lo que denota el gran estrés cardiovascular y metabólico de este deporte.

Las mediciones de SpO₂ en los jugadores de RA durante el partido, arrojó valores medio de 93.5 ± 2.9 y desaturaciones inferiores hasta del 85%, lo cual es producto de la apnea y la intensidad del esfuerzo físico en el medio acuático donde se desarrolla el juego.

Los valores más alto de [bLa] se hallaron en los guarda al final del segundo tiempo. La comparación estadística entre las medias reflejó que no hubo una diferencia significativa entre las muestra de [bLa], FC y SpO₂ de los jugadores.



Referencias

- Álvarez J, Giménez L, Corona P, Manonelles P (2002). Necesidades Cardiovasculares y metabólicas del fútbol sala. *Apunts Educación Física y Deportes*, 67: 45-51.
- Billat V (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento: de la teoría a la práctica*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Borresen J, Lambert M (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Med* 39(9):779-95.
- Brooks G (2007). Lactate: Link Between Glycolytic and Oxidative Metabolism. *Sports Med*, 37(4-5):341-43.
- Brooks GA (2000). Intra and extra cellular lactate shuttles. *Med Sci Sports Exerc*, 32:790-9.
- Brooks GA, Dubouchaud H, Brown M, Sicurello JP, Butz CE (1999). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96:1129-34.
- Brooks GA (2002). Lactate shuttles in Nature. *Biochem Soc Tran*, 30(2):258-64.
- Brooks GA (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sport Exerc*, 18:360-8.
- Calleja J, Lekue J, Leibar X, Terrados N (2008). Análisis de la concentración de lactato en competición en jugadores internacionales junior de baloncesto. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(123):11-8.



- Castrillón A, Escobar J (1995). Quinto mundial de rugby subacuático. *El País*, 12 de Abril.
- Chamoux A (1988). Football profesional sur le terrain, suivi de l'entraînement par la fréquence cardiaque el lactatémie. *Medecine du Sport*, 62(2).
- Dempsey J, Wagner P (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 87:1997-2006.
- Eklblom B (1986). Applied physiology of soccer. *Sport Medicine*, 3:50-60.
- Escudero MP, Tobal M, Monasterio AB, Galindo CM, Silveira MJP, Dotor CML, & col. (2006). Aportaciones fisiológicas de la medida continua de la saturación de Oxígeno en atletas de ambos sexos que realizan pruebas de esfuerzo máximas. *Revista Española e Iberoamericana de Medicina de la Educación Física y el Deporte* 15(3):132-43.
- Fernández R, Rodríguez M, Terrados N, Fernández B, Pérez J (2000). Valoración Fisiológica en jugadoras de baloncesto. *Apunts Medicina de l'Esport*, 132:11-37
- Fornaris E, Vankersschaver J, Vanuxem D, Zakarian H, Commandré F, Vanuxem, P (1989). Football. Aspects energetiques. *Medecine du Sport*, 63.
- Gallo DM (1998). Rugby Subacuático: un deporte de limites fisiológicos. *Kinesis*, 27:71.
- Garrido R, González M, García M, Expósito I (2005). Patrones de desaturación ergoespirométricos en función de la edad. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 5(18):100-17.
- González C (2001). *Análisis del esfuerzo en el juego de voleibol, tras los nuevos cambios en el reglamento, mediante una observación sistemática y una medición telemétrica y lactacidémica* (Tesis doctoral). España: Universidad de Granada.



- Gonzales C, Ureña A, Santos J, Llop F, Valdivieso N. (2002). Análisis del lactato de los jugadores de voleibol libero y central. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19(91): 385-91.
- Gosgeorge B (1990). *Observation et entrainement en sports collectifs*. Paris: Editorial INSEP.
- Hernández R, Collado C, Baptista P (2006). *Metodología de la Investigación (4ª Ed.)*. México: Mc Graw Hill Interamericana
- Hopkins W (1991). Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Med*, 12:161-83.
- Konstantaki M, Trowbridge E, Swaine I (1998). The relationships between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *J Sports Sci*, 16: 251-6.
- Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser CH, Krieger M, Scott M, Zipursky L, Darnell J (2005). *Biología Celular y Molecular (5ª Ed.)* México: Editorial Panamericana.
- Martí JJ (1970). *El esfuerzo en apnea* (Ponencia). La Habana, Cuba: I Congreso Científico Mundial de la CMAS
- Martín M (1997). *La oximetría en registro continuo en el esfuerzo máximo en distintas especialidades deportivas* (Tesis Doctoral). Madrid: Universidad Complutense.
- Mazza JC (2009). *El desarrollo de los aspectos metodológicos-científicos de las cargas de entrenamiento por áreas funcionales aeróbicas: Foco en Natación*. En: Capacitación de Recursos Humanos en: Ciencias del Ejercicio y el Deporte, con aplicación en la esfera de alto rendimiento. Bogotá, Colombia.
- Mendoza A (2008). El origen de la acidez en la glucólisis anaerobia. *REB* 27(4):111-18.



- Mujika I (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *Kronos Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, 5(10)
- Robergs R, Farzenah G, Daryl P (2004). Biochemistry of exercise - induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology*; 287: R502-51.
- Robergs RA (2001) Exercise-Induced Metabolic Acidosis: Where do the Protons come from? *Sportsmedicine* 5(2).
- Ruffino J, Wheeler A (2003). Niveles de lactato en sangre y frecuencia cardiaca en partidos de rugby modalidad seven. *EF Deportes Revista Digital*, 8(58).
- Sañudo B, De Hoyos M, Carrasco L (2008). Demandas fisiológicas y características estructurales de la competición en Pádel masculino. *Apunts Educación Física y Deporte*, 94:23-8
- Stewenius H (2008). *Unterwasserrugby schwedische taktik*. Dresden: Editorial Torpedo.



Desarrollo de la velocidad en niños mediante trabajo de coordinación

Speed development in children through coordination work

Santiago Ramos Bermúdez¹³

Oscar Alfredo Montenegro¹⁴

Resumen

Con el objetivo de determinar el efecto de un programa de entrenamiento de ocho semanas de duración, basado en ritmo y diferenciación, sobre la cinemática de la carrera de velocidad en una distancia de 50 metros, se realizó un estudio con enfoque cuantitativo, de alcance explicativo y diseño cuasi-experimental con 17 niños (edad= 9.38 ± 0.99 años). Se evaluó el tiempo empleado en correr 50 m., velocidad de carrera sobre 50 m., velocidad máxima en un segmento de mínimo 5 m., capacidad de aceleración sobre 20 m. a la primera pisada, tiempo en cubrir 20 m. con 15 m. de impulso y la frecuencia de paso en el momento de velocidad máxima. Se utilizó el programa Kinovea, para el análisis cinemático de las observaciones. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión; la prueba de hipótesis se hizo mediante la t de Student, con el programa Statgraphics, versión 5.1. Como

¹³ Docente Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Departamento Acción Física Humana. Grupo Cumanday Actividad Física y Deporte.

¹⁴ Metodólogo IMRD Chía, Cundinamarca.



resultados más importantes, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los resultados del pretest y el posttest en las variables analizadas. En conclusión, el programa basado en ritmo y diferenciación fue efectivo sobre la velocidad de carrera en niños de 8 a 9 años de edad.

Palabras clave: capacidades coordinativas, cinemática, carrera de velocidad, deporte infantil, atletismo infantil.

Abstract

In order to determine the effect of a training program for eight weeks, based on rhythm and differentiation, on the kinematics of sprinting at a distance of 50 meters, a study with a quantitative approach of explanatory scope and quasi-experimental design with 17 children (age = 9.38 ± 0.99 years) was done. We evaluated the time taken to run 50 m., running speed over 50 m., top speed on a segment of at least 5 m., acceleration capability of 20 m. to the first footstep, time to cover 20 m. with impulse 15 m. and frequency step at the time of maximum speed. Kinovea program was used for the kinematic analysis of the observations. Were calculated measures of central tendency and dispersion, hypothesis testing was done using the Student t test, with the program Statgraphics, version 5.1. As results were found statistically significant differences ($P < 0.05$) between the results of the pretest and posttest in the variables analyzed. In conclusion, a program based was on rhythm and differentiation was effective on running speed in children 8-9 years old.



Key words: coordination abilities, kinematics, speed race, youth sports, athletic child.

1. Introducción

La velocidad de desplazamiento en bipedestación es una de las capacidades motrices más importantes que determinan el rendimiento exitoso en muchos eventos deportivos (Bompa & Haff, 2009). Las carreras de velocidad son de las más exigentes pruebas del atletismo, pues para ser exitoso en este tipo de eventos, el atleta debe ser capaz de preservar las características técnicas óptimas de la estructura del paso a pesar de una fatiga intensa.

La carrera de velocidad, como evento atlético, ha sido abordada desde muy diversos aspectos. De acuerdo con Schiffer (2007), entre 1996 y 2007, se encuentran artículos de revista que abordan los temas de la enseñanza de las pruebas de velocidad, las técnicas de iniciación y entrenamiento, el entrenamiento y técnica de la partida en velocidad, los aspectos neurales, musculares, metabólicos, cardiovasculares, de anatomía, traumatología, psicológicos, tácticos e históricos de su desarrollo, pero es muy difícil encontrar estudios científicos que aborden la cinemática de la carrera de velocidad con niños.

Los estudios más tradicionales en la investigación de la carrera atlética de velocidad, se realizaron en el ámbito mundial con atletas de la categoría mayores. Algunos de los más notables estudios fueron realizados por Ae & col., (1992), Donatti (2001), Gajer & col., (1999), Gajer & col., (2007), Guarda (2000), Ito & col. (2006), Ito & col. (2008), Mackala (2007), Moravec & col., (1988). En estos estudios se abordó el



análisis del comportamiento de la frecuencia y la longitud de paso en la carrera de velocidad, se determinó el momento de la carrera donde se alcanza la máxima velocidad y se identificó espacialmente las fases de aceleración, velocidad máxima y resistencia a la velocidad. Estos parámetros se estudiaron con atletas de la súper élite mundial (sub 10"00 s.), con atletas semifinalistas en campeonatos del mundo (10"12 a 10"32 s.) y con atletas de nivel universitario (10"60 a 11"50 s.).

Se identificaron dos estudios relevantes como antecedentes de la presente investigación. Coh & col. (2010), destacan que el desarrollo de la velocidad en edades infantiles y juveniles tiene que estar asociado a situaciones motoras complejas, con un fuerte componente informacional de movimiento. En este sentido, asumen a la velocidad máxima de desplazamiento como una habilidad que se necesita entrenar en edades infantiles y juveniles.

Lidor & Meckel (2004) plantean que aunque la carrera de velocidad puede ser clasificada más como una habilidad de aprendizaje en un ambiente cerrado, que en un ambiente abierto, el principal objetivo en la fase inicial de adquisición de dicha habilidad debe ser permitirle al niño adquirir los componentes básicos de la carrera, de forma tal que sean capaces de aplicarlos en diferentes situaciones y bajo condiciones cambiantes. Por ello, abogan por unas tempranas experiencias de aprendizaje que brinden a los niños la suficiente flexibilidad para ser capaces de ajustar la habilidad aprendida, de acuerdo a sus propias necesidades y a las demandas del ambiente. Lo anterior implica que bajo el principio de práctica variada, los entrenadores deben fijarse metas que sean sistemáticamente distintas de un intento a otro, donde



el aprendiz realice un número de variaciones seleccionadas del movimiento.

Weineck (2005:491) manifiesta que “debido a la complejidad de las capacidades coordinativas, la práctica deportiva se enfrenta a problemas considerados en parte sin resolver, para registrar de forma objetiva el estado del rendimiento en este ámbito”. De igual manera, Montenegro (2010:11) afirma que aún “no existe una diferenciación en el aislamiento de las capacidades coordinativas para su estudio, como ocurre en el caso de las capacidades condicionales”.

El Sistema de Formación y Certificación para entrenadores de atletismo (SFyCE), de la Federación Internacional de Federaciones Atléticas (IAAF) en su temática dirigida a la enseñanza de la carrera atlética en edades infantiles o juveniles, no contempla el entrenamiento de la velocidad bajo el punto de vista de las capacidades coordinativas, lo que se puede constatar en los textos de Pila (1998) y Müller & Ritzdorf (2009). En este orden de ideas, se considera que la población y la muestra para realizar la presente investigación se puede escoger de cualquier grupo de trabajo perteneciente a la educación formal o informal mencionado anteriormente.

Esta investigación se basa en la propuesta de Martin & col. (2004), que se debe abordar desde cuatro ámbitos de estudio, así:

- Desarrollo infantil y juvenil, capacidad de rendimiento y capacidad de entrenamiento.
- Desarrollo del rendimiento a largo plazo y entrenamiento.



- Sistemas de competición en relación con la edad y la preparación.
- Conceptos de desarrollo y estructuras organizativas del sistema de entrenamiento infantil y juvenil.

De los cuatro ámbitos citados solo se tuvo en cuenta para el presente trabajo el estudio del primer ámbito con sus contenidos.

1.1 Desarrollo Motor

Se emplea al desarrollo motor como concepto general para designar la formación de las capacidades determinadas por el control y la regulación, que se muestran en los procesos de aprendizaje y coordinación del movimiento (Martin & col. 2004). Estos procesos de control y regulación se realizan mediante el sistema motor y su organización jerárquica en el sistema nervioso central.

1.2 Maduración del sistema nervioso

La formación de las neuronas y su migración a la posición final en el sistema nervioso, ocurre durante los meses de vida prenatal. Entre el tercer y cuarto mes de gestación se alcanzan a formar 200.000 millones de neuronas, provocando una sobreproducción; por tal razón, se considera que a, partir del quinto mes de gestación, el número de neuronas no aumenta (Martín & col., 2004). Posteriormente, en el sexto mes de gestación, las neuronas viajan y llegan al destino final en el órgano a inervar, como por ejemplo corazón, pulmón, córtex cerebral, ojo o músculos de la postura.



Una vez las neuronas llegan a su lugar, se conectan con otras neuronas, formando 100 billones de conexiones o sinapsis, pero a causa de la sobreproducción de neuronas, los axones de cada célula compiten por la afinidad química. Así, las neuronas disparan impulsos eléctricos que fortalecen las conexiones entre neuronas. Inicialmente, el disparo es un tanto aleatorio durante la vida intrauterina, pero poco a poco se va haciendo más organizado y luego, con la ayuda de la realimentación del ambiente, paulatinamente se va volviendo más eficiente.

Al nacer hay un proceso de recorte en el número de neuronas, por lo que solamente sobreviven funcionalmente 100 mil millones, pues la sobreproducción inicial solo permite hacer una red funcional muy eficiente. Las conexiones débiles o incorrectas se sacrifican y las neuronas que no se conectan mueren funcionalmente. En este sentido, durante la edad del lactante se presenta una proliferación en la formación sináptica y cada neurona puede establecer de 1.000 a 100.000 conexiones (Haywood & Getchell, 2009).

Otro aspecto que ayuda al proceso de maduración nerviosa es el referido a la mielinización, que es el revestimiento de una capa de tejido graso alrededor de todo el axón de la motoneurona.

Cuando la carga eléctrica del impulso nervioso viaja de una neurona a otra, lo hace entrando al cuerpo de la neurona desde las dendritas y luego el impulso es transmitido por el axón hacia el órgano inervado. La mielina permite que el potencial de acción (impulso nervioso), viaje a través de la neurona a una velocidad mayor, y a su vez protege a la neurona de la interrupción de otras neuronas. La mielinización se incrementa marcadamente desde la segunda o tercera semana luego



del nacimiento y va hasta el segundo o tercer año de vida (Haywood & Getchell, 2009). En este proceso, primero se mielinizan las neuronas aferentes (sensitivas) y luego las neuronas eferentes (motoras). Por ello, podemos estar seguros que cuando el niño ingresa a la edad preescolar de desarrollo, el proceso de mielinización ya ha concluido.

Un aspecto adicional que ayuda a la maduración del sistema nervioso se explica bajo el concepto de la plasticidad, que se refiere a la facilidad con la cual el sistema nervioso es capaz de hacer conexiones entre neuronas (sinapsis). También se puede concebir como el alto grado de influencia que tienen los estímulos generados en el ambiente sobre el sistema nervioso.

La plasticidad es una característica del sistema nervioso que le permite al niño en edad escolar registrar un alto número de informaciones del entorno y ser muy maleable o influenciado ante dichas informaciones, facilitando así su capacidad de adaptación y aprendizaje, como producto de su exposición a los estímulos del entorno.

El resultado de aprender y ejercitarse se denomina memoria, que en la experiencia del movimiento se denomina memoria motriz. Así, en la neurofisiología, las huellas de la memoria se describen con el nombre de engrama, pues se debe partir de que los procesos de aprendizaje dejan huellas (engramas) en el sistema nervioso central. Los engramas son formaciones neuronales específicas de modelos de transmisión de impulsos en el cerebro, conocidos igualmente con el nombre de programas motores (Schmidt & Wrisberg, 2008; Schmidt & Lee, 2005; Davids & col., Button & Bennett, 2008; Fairbrother, 2010).



1.3 Capacidad de entrenamiento de la velocidad

La ciencia del entrenamiento deportivo ha propuesto metodológicamente un modelo analítico, para describir las diferentes manifestaciones de la compleja capacidad de la velocidad en la carrera lineal. Martin & Lehnertz (2001) proponen las fases de reacción, aceleración positiva, velocidad constante y velocidad decreciente. Martin & col. (2004) plantean reacción, aceleración positiva, velocidad máxima invariable y velocidad decreciente. Bompa & Haff (2009) mencionan aceleración, máxima velocidad, mantenimiento de la velocidad.

Esta caracterización por fases orienta, en gran medida, el comportamiento del sprint de corto recorrido con salida, como las pruebas de ciclismo, natación y atletismo y algunos de los estudios en la carrera de velocidad sobre la distancia de 100 m. con atletas adultos de nivel mundial o nacional, corroboran este comportamiento (Ae & col., 1992; Coh & col., 2010; Guarda, 2000). Asimismo, el estudio de la carrera de velocidad con niños de 11 y 12 años, sobre la distancia de 50 m., realizado por Díaz & Montenegro (2010), reportó que las fases mencionadas, guardan proporción y equivalencia con las fases encontradas en estudios sobre la distancia de 100 m. con atletas adultos de nivel técnico del orden mundial o nacional, mencionados.

Díaz & Montenegro (2010) encontraron que las fases de la carrera de velocidad en la distancia de 50 m., con niños en edades de 11 y 12 años, se pueden distinguir de la siguiente manera:



Fase de aceleración desde la línea de salida hasta la distancia de los 20 o 30 m.; *Fase de velocidad cíclica máxima* que se mantiene por los siguientes 10 o 20 m.; *Fase de resistencia a la velocidad cíclica máxima o desaceleración*, que se manifiesta en los últimos 10 m.

Fase de aceleración: la frecuencia y longitud de paso se incrementan paulatinamente. Este comportamiento es consecuente con estudios realizados con adultos (Ito & col., 2006; Gajer & col., 2007; Ae & col., 199; Guarda, 2000; Gajer & col., 1999).

Fase de velocidad cíclica máxima (VCM): la frecuencia y longitud de paso son relativamente constantes; es decir, la VCM es siempre un producto de la relación óptima entre la longitud y la frecuencia del paso; Coh & col. (2010) y García & col. (1998) manifiestan esta relación. La zona donde los niños alcanzaron su máxima velocidad es un tanto limitada. En principio, los mejores corredores evaluados pueden sostener esta fase entre 10 m. y 20 m.

Fase de resistencia a la velocidad cíclica máxima o desaceleración: se presenta entre los 40 y 50 m., donde la velocidad comienza a disminuir. La desaceleración es causada por fatiga central y periférica del sistema nervioso y se manifiesta como una disminución en la actividad del número de unidades motoras activas. Esto resulta en un menor grado de coordinación, lo cual es evidente por la disminución manifestada en la frecuencia de paso y por un aumento en la longitud del mismo.

Fase sensible (FS) para el desarrollo de la Velocidad: son intervalos de tiempo limitados en los procesos de desarrollo en los que se reacciona a determinados estímulos con mayor intensidad.



En la Tabla 1 se presenta un modelo de desarrollo de la FS para el desarrollo de la velocidad, elaborado con base en datos de Zimmer (2003:10) y Reiss (2005:57).

Tabla 1. Modelo de desarrollo de la velocidad con base en la fase sensible.

Edad Capacidad motriz	Escolar temprana 7-8-9 años	Escolar tardía 9-10-11 años
Velocidad	Muy favorable	Muy favorable

Adaptado de Zimmer (2003) y Reiss (2005).

En el mismo sentido, Cometti (2002) referencia la fase sensible para algunas manifestaciones de la capacidad velocidad. La tabla 2 tiene consignada la información.

Tabla 2. Fases sensibles para algunas manifestaciones en el desarrollo de la velocidad.

Edad (años)->	7	8	9	10	11	12
Tiempo de reacción	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX		
Velocidad gestual pura		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Frecuencia de los apoyos			XXXX	XXXX	XXXX	

Convenciones: xxxx = Muy favorable. Adaptado de Cometti (2002).

Las razones principales que justifican la FS para la velocidad son la diferenciación del tipo de fibra muscular, ya terminada desde finales del primer año de vida y la gran plasticidad de los procesos nerviosos. Como se puede advertir, la velocidad tiene una fase sensible de desarrollo muy



favorable durante la edad escolar, años en los que se encuentra el grupo de estudio de la presente investigación.

1.4 Factores de los cuales depende la Velocidad

Existen varios factores que influyen en el desarrollo de la velocidad, entre ellos el más sobresaliente es el genético (Martin & col., 2004; Bompa, 2009; Martin & col., 2001). Los factores heredados, como la movilidad de los procesos nerviosos, la rapidez en la alternancia entre la inhibición y la excitación nerviosa y la capacidad para regular el movimiento neuromuscularmente, dependen en gran medida del tipo de fibra muscular que una persona dispone en su organismo.

El modelo de distribución de las fibras musculares, y por tanto de la inervación, está determinado genéticamente, por tanto el entrenamiento no puede cambiar su distribución (Weineck, 2005; López & Fernández, 2005). Adicionalmente, Cometti (2002) referencia que, junto con el porcentaje de fibras rápidas disponibles, la velocidad también depende de la velocidad de liberación de calcio. En este sentido, las fibras musculares tipo II son capaces de almacenar más cantidad de calcio y de liberarlo al sarcoplasma más rápido, haciendo el proceso de contracción-relajación más rápido que en las fibras musculares tipo I, tal como lo mencionan López & Fernández (2005).

1.5 Sistema energético de la Velocidad

Las células del cuerpo pueden generar energía a partir del ATP mediante tres sistemas: el sistema ATP-PC, el sistema glucolítico y el sistema oxidativo. En la carrera de velocidad, las actividades musculares se satisfacen casi exclusivamente por el sistema energético ATP-PC, para



obtención de energía, como lo referencian Wilmore & Costill (2005) y López & Fernández (2005).

1.6 Capacidad de entrenamiento de las capacidades coordinativas

Las capacidades coordinativas están relacionadas con los procesos de conducción y regulación del movimiento. La destreza *era entendida* como la capacidad para resolver rápida y adecuadamente las tareas motrices. Así, por ejemplo, un esquiador que supera dificultades elevadas, es considerado una persona *diestra*. Por consiguiente, la destreza tiene diversas formas de expresión, siendo importante no solo en el ámbito de la motricidad deportiva sino en las demás actividades de la vida del ser humano; por tal razón, este concepto universal ya no es apropiado para la multiplicidad y variabilidad de las acciones motoras.

Desde hace algunas décadas, el concepto de destreza motora o agilidad, se vuelve obsoleto, siendo necesario identificar varias condiciones coordinativas del rendimiento, es decir, varias capacidades coordinativas (Meinel & Schnabel, 2004; Baechle & Earle, 2008).

En la actualidad Meinel & Schnabel (2004) identifican siete diferentes capacidades coordinativas. Para ellos, el constructo capacidades coordinativas se encuentra compuesto por los elementos relacionados en la tabla 3.



Tabla 3. Diferentes clases de capacidades coordinativas.

Capacidades Coordinativas	
<ul style="list-style-type: none">○ Capacidad de Ritmo○ Capacidad de Reacción○ Capacidad de Diferenciación○ Capacidad de Orientación	<ul style="list-style-type: none">○ Capacidad de Equilibrio○ Capacidad de Acoplamiento○ Capacidad de Adaptación

Adaptado de Meinel & Schnabel (2004:285).

En el ámbito deportivo, las capacidades coordinativas se relacionan estrechamente con las habilidades técnico deportivas. Estos dos contenidos del entrenamiento tienen en común que son requisitos del rendimiento condicionados coordinativamente. Ambos están condicionados por los procesos de conducción y regulación del movimiento y la diferencia esencial consiste en el grado de generalización. Mientras la habilidad técnico deportiva se relaciona con acciones motrices concretas, fijas y automatizadas, las capacidades coordinativas representan condiciones necesarias del rendimiento, pero fijadas generalizadamente, es decir, fundamentales para una serie de acciones motrices diferentes.

Veamos algunos conceptos de *capacidades coordinativas*, formulados por diferentes investigadores en los últimos años:

Para Meinel & Schnabel (2004:259) son “particularidades del rendimiento, relativamente fijadas y generalizadas del desarrollo de los procesos de conducción y regulación de la actividad motora”.



Para Martin & col. (2001:65), son “cualidades de la realización de procesos específicos y situacionales de la ejecución motriz, basadas en experiencias motrices”.

Para Martin & col. (2004:84) son “cualidades del desarrollo relativamente determinadas y generalizadas de los procesos de regulación del movimiento y las capacidades del rendimiento, para superar las exigencias de su coordinación”.

1.7 Capacidad de Ritmo

El ritmo permite al deportista proponer el tiempo adecuado a sus acciones específicas del movimiento, así como adaptarse a un ritmo establecido o a un ritmo cambiado de improvisto, el cual puede o no tener fondo musical. Se aplica en movimientos globales o parciales y se manifiesta en la necesidad de dar un ajuste rítmico a las variaciones temporales y espaciales del movimiento, permitiendo crear un gesto único, armónico y adecuado entre diversas acciones. Es determinante en el aprendizaje de habilidades motrices y habilidades técnico deportivas, en donde la frecuencia del movimiento manifiesta constantes variaciones del ritmo.

1.8 Capacidad de diferenciación

Esta capacidad permite ejecutar en forma sutilmente diferenciada, los parámetros dinámicos, temporales o espaciales del movimiento. Es un trabajo de coordinación que está influenciado por la capacidad de distensión muscular (relajación), lo cual permite una regulación



consciente del tono muscular. Se encuentra fundamentada en la percepción constante y precisa de los parámetros espaciales, temporales y de fuerza, que interactúan durante la ejecución de un gesto motor. Como trabajo de coordinación fina, permite diferenciar la fuerza aplicada en un movimiento, la dosificación de los impulsos aplicados al piso (para proyectar el propio cuerpo en el espacio) o la fuerza aplicada a los objetos (en las acciones de lanzar, patear o golpear). La ejecución del programa motor (del movimiento codificado) debe ser el mismo, pero la ejecución coordinativa es diferente.

De acuerdo con Meinel & Schnabel (2004), el nivel de expresión de la capacidad de diferenciación está determinado conjuntamente por la experiencia motriz y el grado de dominio de las tareas respectivas, ya que éste que posibilita la percepción de las pequeñas diferencias en la ejecución motriz con respecto al modelo ideal propuesto o con respecto a las ejecuciones anteriores.

1.9 Fase sensible para el desarrollo de las capacidades coordinativas

La fase sensible es un periodo de tiempo donde el organismo es más susceptible a los estímulos, alcanzando niveles óptimos de desarrollo, sobre todo en lo referente a las capacidades relacionadas con el control y la regulación del movimiento, es decir, con las capacidades que dependen principalmente de la captación y procesamiento de la información.

Zimmer (2003) y Reiss (2005) proponen un modelo de fases sensibles para el desarrollo de las capacidades coordinativas siendo favorable en



la edad preescolar (4-6 años) y muy favorable en la escolar temprana (7-9 años) y escolar tardía (9-11 años).

2. Materiales y método

2.1 Tipo de investigación

Dentro del enfoque cuantitativo se realizó un estudio con alcance explicativo, con diseño cuasi-experimental, pretest – postest, sin grupo control.

2.2 Población y muestra

Para la investigación se seleccionó una población de 17 niños varones, perteneciente al curso 302 de la Institución Educativa Distrital Bravo Páez, jornada de la mañana, de la localidad Rafael Uribe Uribe, en la ciudad de Bogotá, que se encontraban matriculados en el año académico escolar 2011.

2.3 Técnicas e instrumentos

La técnica empleada fue la observación directa de las variables cinemáticas, mediante la grabación con videocámara marca SONY DCR-SX44 a 30 cuadros por segundo, analizadas con el programa Kinovea. Para las variables antropométricas se utilizó un tallímetro marca SECA, con capacidad 200 cm, precisión 0,001 m. y una báscula Marca CONAIR, modelo WW48GD, con capacidad 100 Kg. y precisión 50 gramos.



Todos los ejercicios propuestos en el programa de entrenamiento bajo el enfoque de trabajo de las capacidades coordinativas de ritmo y diferenciación, utilizaron las mini-vallas pedagógicas como material didáctico, diseñadas y elaboradas por los autores con base en las sugerencias de Lehmann (2005) y Weineck (2005). Las características de las mini-vallas son: altura 18 a 23 cm., ancho 100 cm., largo de la base 30 cm.

2.4 Tratamiento de la información

La base de datos se elaboró en el programa Windows; para el análisis estadístico se empleó el paquete estadístico Statgraphics 5.1., con el cual se calcularon medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar). Asimismo, se calculó la correlación “r” de Pearson y se compararon las medias pareadas (pretest –postest). Para la prueba de hipótesis se utilizó la prueba t de student.

2.5 Hipótesis y variables

Los resultados de las pruebas de evaluación del tiempo empleado en correr 50 m., velocidad de carrera sobre 50 m., velocidad máxima en un segmento de mínimo 5 m., capacidad de aceleración sobre 20 m. A la primera pisada, tiempo en cubrir 20 m. con 15 m. de impulso, en el postest serán menores que en el pretest y la frecuencia de paso en el momento de velocidad máxima, en el postest será mayor que en el pretest.



2.6 Propuesta de intervención

Programa de entrenamiento coordinativo de la velocidad, basado en ritmo y diferenciación.

El programa de entrenamiento de la velocidad con base en las capacidades coordinativas de ritmo y diferenciación, se realizó durante un macrociclo de ocho semanas. En cada uno se realizó una sesión de trabajo los días lunes, miércoles y viernes de 11:00 a.m. a 11:45 a.m. El volumen mínimo de trabajo en una sesión fue de 95 m. y el máximo de 135 m., utilizando siempre la mini-valla pedagógica. En total se realizaron 2.850 m. como volumen de trabajo a una intensidad del 75% a 94%.

2.7 Procedimiento

Inicialmente se contactó a las directivas del Colegio, para solicitar la aprobación de realizar las prácticas de la investigación. Enseguida se le envió el formato de consentimiento informado a los padres. Luego se realizaron las mediciones antropométricas y el pretest como evaluación de las variables dependientes. Desde la semana siguiente se aplicó un programa de entrenamiento de la velocidad, por un periodo de ocho semanas o microciclos, luego de lo cual se aplicaron las pruebas del posttest en la semana número 10.

2.8 Consideraciones bioéticas

Los padres o acudientes de los niños que participaron en el estudio firmaron un consentimiento informado, en el cual se les explicaban los



objetivos del estudio, se les garantizaba el anonimato de la información y la posibilidad de retirarse en cualquier momento sin que esto tuviera implicación alguna para ellos.

3. Resultados

La población pertenece a un estrato económico medio, lo cual se puede evidenciar en que la gran mayoría de familias viven en arriendo, los niños no tienen la posibilidad de asistir a programas que complementen su formación (por ejemplo, ninguno asiste a un programa de formación deportiva en la jornada contraria a la escolar), o que la cantidad de ingesta calórica diaria no es suficiente, pues algunos padres de familia al saber que el gobierno asiste alimentariamente a los niños con un refrigerio diario, no le dan a los niños desayuno en la casa.

En cuanto a las variables antropométricas, se encontró que el desarrollo de la talla en promedio estuvo dentro de la normalidad (en promedio 98,2% en porcentaje de adecuación) según las normas adoptadas por Colombia mediante la Resolución 2121 de 2010 de MinProtección Social, con cuatro casos (23.5%) en riesgo de talla baja y el resto (13 casos = 76.5%) con talla adecuada para la edad.



Tabla 4. Características socio demográficas y antropométricas del Grupo Experimental (n=17).

Variables Antropométricas (media±DE)			
Estatura (cm.)	132(±0.06)	IMC (Kg./m ²)	16.31(±1.41)
Peso (Kg.)	28.24(±0.06)	Talla sentado (cm.)	67(±0.03)
Variables Sociodemográficas (media±DE)			
Edad (años)	9.38(±0.99)	# de hermanos:	
<u>Vivienda propia</u>	23.5%	Uno	41.2%
En arriendo	76.5%	Dos	17.6%
		Tres	17.6%
		Cinco	5.9%
		Hijo único	17.6%
<u>El niño vive:</u>			
Solo con la mamá	17.6%		
Solo con el papá	5.9%		
Con ambos	76.5%		

En cuanto a las variables cinemáticas intervenidas, se recogen las comparaciones entre medias pareadas pretest postest en la Tabla 5.



Tabla 5. Resumen de las variables intervenidas, (promedio \pm desviación típica) y valor de P para la significancia de las diferencias entre pre y posttest.

Variables	Pretest	Posttest	P value
Tiempo en la carrera de 50 m. (s).	10.98(\pm 1.05)	10.47(\pm 1.06)	0.00017*
Velocidad promedio en 50 m. (m/s).	4.59(\pm 0.44)	4.82(\pm 0.49)	0.00015*
Velocidad máxima (m/s).	5.41(\pm 0.57)	5.54(\pm 0.58)	0.0235*
Aceleración 20 m. a la 1ª pisada (s).	4.14(\pm 0.41)	4.02(\pm 0.36)	0.0183*
Aceleración 20 m. a la 1ª pisada (m/s ²).	2.40(\pm 0.46)	2.52(\pm 0.44)	0.00282*
Tiempo en 20 m. lanzados (s).	3.86(\pm 0.42)	3.72(\pm 0.42)	0.0176*
Frecuencia de paso (cps).	3.98(\pm 0.30)	4.14(\pm 0.34)	0.0121*

*= diferencia significativa

Todos los valores promedio del grupo, en cada una de las siete variables estudiadas, presentaron una mejora en el posttest con respecto al pretest. Esta mejoría hallada, demuestra una coherencia y relación directamente proporcional entre las variables cinemáticas temporales (como el tiempo en los 50 m., la aceleración en 20 m. a la 1ª pisada, el tiempo en los 20 m. lanzados y la frecuencia de paso) y las variables cinemáticas espacio-temporales analizadas (como la velocidad promedio en los 50 m., la velocidad máxima y la aceleración en 20 m. a la 1ª pisada).



4. Discusión

Las diferencias encontradas entre la realización del pretest y el postest, fueron similares a las halladas por Catanescu (2000) quien encontró diferencias significativas en las ocho variables estudiadas, luego de la aplicación de un programa de entrenamiento de la capacidad coordinativa.

También se confirman los postulados planteados por Coh & col. (2010), quienes consideran a la carrera de velocidad como una habilidad motriz. Cabe recordar que cuando se habla de una habilidad, se hace alusión a un movimiento susceptible de ser mejorado a través de modificaciones en la estructuración del control del mismo. Estas mejoras en el control del movimiento se vieron reflejadas principalmente en el aumento de la frecuencia de paso en la fase de velocidad cíclica máxima y en la prolongación de la distancia en la fase de velocidad cíclica máxima.

Respecto a la conceptualización de la velocidad, con el resultado de ésta investigación se puede evidenciar la concepción de la velocidad como una capacidad que depende igualmente de aspectos energéticos y de aspectos informacionales del movimiento, como lo proponen Martin & col. (2004), Martin & col. (2001) y Montenegro (2010).

Desde los aspectos energéticos del movimiento, en el desarrollo de la velocidad se tiene en cuenta, entre otros aspectos, la velocidad de liberación de calcio, según afirma Cometti (2002), o la velocidad de los procesos metabólicos del sistema energético ATP-PC para obtención de



energía, como indican Wilmore & Costill (2005) y López & Fernández (2005).

Bajo los aspectos coordinativos del movimiento, en el desarrollo de la velocidad se debe tener en cuenta, entre otros aspectos, la capacidad de diferenciación y la capacidad de ritmo, de acuerdo con Meinel & Schnabel (2004). De esta manera, la metodología del entrenamiento de la carrera de velocidad bajo el enfoque de las capacidades coordinativas, brinda a los niños la oportunidad de mejorar la capacidad de velocidad de acuerdo a las necesidades del ambiente y de incrementar su conciencia en la forma como ejecutan los componentes del movimiento, lo que ayuda a los corredores a fortalecer sus habilidades al correr, de las cuales se beneficiarán más durante la fase de mantenimiento de la carrera, como indican Lidor & Meckel (2004).

5. Conclusiones

El programa de entrenamiento de la carrera de velocidad basado en ritmo y diferenciación, de ocho semanas de intervención, fue efectivo sobre las variables cinemáticas tiempo empleado en correr 50m, velocidad de carrera sobre 50m, velocidad máxima en un segmento de mínimo 5m, capacidad de aceleración sobre 20m a la primera pisada, tiempo en cubrir 20 m. con 15 m. de impulso y frecuencia de paso en el momento de velocidad máxima durante la carrera de 50 m. con niños de 8 y 9 años, pues logró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los resultados del pretest y el posttest.

La hipótesis de trabajo planteada al inicio de la investigación es aceptada, ya que el programa de entrenamiento coordinativo de la



velocidad, basado en ritmo y diferenciación, produjo una mejora estadísticamente significativa ($P < 0.05$) sobre las variables cinemáticas de tiempo, velocidad, aceleración y frecuencia de movimientos, en la carrera de 50 metros con niños de 8 y 9 años.

Referencias

- Ae M, Ito A, Suzuki M (1992). The Men's 100 metres. *New Studies in Athletics*, 7(1):47-52.
- Baechle T, Earle R (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. National Strength Conditioning Association. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics.
- Babic V, Blazevic I (2011). The relation between kinematic parameters of running at maximum speed and 50 meters running results. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport Science, Movement and Health*, 11(2):38-42.
- Bar-Or O, Bouchard C, Malina R (2004). *Growth, Maturation and Physical Activity*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics.
- Bompa T (2009). *Entrenamiento de Equipos Deportivos*. Barcelona: Paidotribo.
- Bompa T, Haff G (2009). *Periodization. Theory and Methodology of Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Catanescu A (2007). The Coordinative Capacity. An Important Factor in Learning and Perfecting the Game of Tennis at the Age of 8-10 Years. *Journal of Physical Education and Sports*, 7(3):39-47.
- COLDEPORTES (2009). *Plan decenal del deporte, la recreación, la educación física y la actividad física, para el desarrollo humano, la convivencia y la paz. 2009-2019*. Bogotá: Coldeportes.



- _____ (2010). *Cartilla Didáctica: carreras de velocidad. Escuela Virtual de Deportes*. Bogotá: Promedios.
- Cometti G (2002). *El entrenamiento de la velocidad*. Barcelona: Paidotribo.
- Coh M, Babic V, Mackala K (2010). Biomechanical, Neuro-muscular and Methodical Aspects of Running Speed Development. *Journal of Human Kinetics*, 26:73-81.
- Curcio C (2002). *Investigación Cuantitativa*. Armenia: Kinesis.
- Davids K, Button C, Bennett S (2008). *Dynamics of Skill Acquisition*. Champaign: Human Kinetics.
- Díaz D, Montenegro O (2011). *Ciclo de paso en la carrera de velocidad. Estructura cinemática en niños de 11-12 años*. En: 1er Congreso Internacional y Primero Nacional "Pedagogía de la Cultura Física". Memorias. Tunja, pp.296-312.
- Donatti A (2001). *El desarrollo de la amplitud y frecuencia de zancada en carreras de velocidad*. En: Nuevos Estudios en Atletismo, Volumen I. Santa Fé: Centro Regional de Desarrollo.
- Eider J, Cieszczyk P (2004). The level of Chosen Coordination Abilities in 10 Year old Boys as Selection Criteria for Sport Classes. *Journal of Human Kinetics*, 12:117-26.
- Fairbrother J (2010). *Fundamentals of Motor Behavior*. Champaign: Human Kinetics.
- Fernández J, Martín J (2005). *Evaluación de las Cualidades Físicas en los escolares del Distrito Capital*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Florián A, Leiva J (1997). *Orientación y selección en jóvenes velocistas*. Cali: Universidad del Valle.
- García J & col. (1998). *La Velocidad*. Madrid: Gymnos.



- Gajer B, Thepaut-Mathieu C, Lehenaff D (1999). Evolution of the stride and amplitude during course of the 100m event in athletics. *New Studies in Athletics*, 14(1):43-50.
- Gajer B, Hanon C, Thepaut-Mahieu C (2007). Velocity and stride parameters in the 400 meters. *New Studies in Athletics*, 22(3):39-46.
- Gevat C, Alin L (2009). The capacity to maintain the 50 mp trial, maximum running speed. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport Science, Movement and Health*, 9(1):36-9.
- Guarda S (2000). Los 100 metros. Antecedentes biomecánicos. *Boletín Técnico. Centro Regional de Desarrollo*, 22.
- Harre D (1989). *Teoría del entrenamiento deportivo*. 2ª ed. La Habana: Científico-Técnica.
- Hazar F, Gevat C (2009). Running speed development by non-specific methods to athletes girls of 12 years old. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport Science, Movement and Health*, 10(1):36-9.
- Haywood K, Getchell N (2009). *Life span motor development*. 5th ed. Champaign: Human Kinetics.
- Hohmann A, Lames M, Letzeier M (2005). *Introducción a la Ciencia del Entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- International Association of Athletics Federations IAAF (2011). *Competitions Rules. 2012-2013. Centenary Edition*. Mónaco: IAAF.
- _____ (2010). *The Referee. 12th Edition*. Mónaco: IAAF.
- Ito A & col. (2006). Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 21(3):35-9.



- _____ Fukuda K, Kijima K (2008). Mid-phase movements of Tyson Gay and Asafa Powell in the 100 metres at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 23(2):39-43.
- Jáuregui G, Ordoñez O (1994). *Aptitud Física: pruebas estandarizadas en Colombia*. Bogotá: Coldeportes.
- Kochanowicz K, Boraczynska L, Boraczynski T (2009). Quantitative and Qualitative Evaluation of Motor Coordination Abilities in Gymnastic Girls Aged 7-9 Years. *Baltic Journal of Health and Physical Education*, 1(1):62-9.
- Lehmann F (2005). *Entrenamiento de la velocidad, vallas y relevos. Documento de trabajo en la materia de velocidad, de los estudios especializados en Atletismo*. Leipzig: Universidad de Leipzig.
- Lidor R, Meckel Y (2004). Physiological, skill development and motor learning considerations for the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 19(1):7-12.
- López J (1995). Capacidades Coordinativas. *Kinesis*, 11:10-5.
- López J, Fernández A (2006). *Fisiología del Ejercicio*. 3ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Mackala K (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 22(2):7-16.
- Martin D, Carl K, Lehnertz K (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Martin D & col. (2004). *Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil*. Barcelona: Paidotribo.
- Meinel K, Schnabel G (2004). *Teoría del movimiento*. 2ª ed. Buenos Aires: Stadium.
- Montenegro O (2010). Capacidades Coordinativas. Manifestaciones y método de trabajo. *Kinesis*, 5-14.



- Moravec P & col. (1988). The International Athletics Foundation Scientific Project Report: Time analysis of the 100 meters events at the II IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 3(3):61-96.
- Müller H, Ritzdorf W (2009). *¡Correr! ¡Saltar! ¡Lanzar!. Guía oficial IAAF para la enseñanza del atletismo. Sistema de Formación y Certificación de Entrenadores IAAF*. Santa Fé: LUX.
- Ozolin N (1988). *Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo*. La Habana: Científico Técnica.
- Pila A (1998). La carrera. Análisis Técnico. *Boletín Centro regional de Desarrollo*, 20:23-32.
- Ramos S & col. (2007). *Evaluación antropométrica y motriz condicional de los escolares de 7 a 18 años de edad*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Reiss S (2005). *Ciencia General del Entrenamiento y del Movimiento. Memorias de los Estudios Especializados en Entrenamiento Deportivo*. Leipzig: Universidad de Leipzig.
- Rius J (2005). *Metodología y Técnicas de Atletismo*. Barcelona: Paidotribo.
- Scammon S (1930). *The Measurement of Man*. Minnesota: University Press.
- Schiffer J (2007). Carreras de velocidad. Bibliografía seleccionada. *Nuevos Estudios en Atletismo*, 6(1):1-34.
- Schmidt R, Lee T (2005). *Motor Control and Learning. A behavioral Emphasis*. 4th ed. Champaign: Human Kinetics.
- Schmidt R, Wrisberg C (2008). *Motor Learning and Performance. A Situation-Based Learning Approach*. 4th ed. Champaign: Human Kinetics.



- Taborda J, Nieto L (2005). *El desarrollo de la velocidad en el niño*. Armenia: Kinesis.
- Villamarín S (2000). *Características de atletas velocistas*. Santander de Quilichao: Alcaldía de Santander de Quilichao.
- Weineck J (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- Wilmore J, Costill D (2002). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ª ed. Barcelona: Paidotribo.
- Zimmer H (2003). *Ontogénesis Motora*. En: Congreso Internacional de Ciencias del Deporte, Memorias. Bogotá.



El desarrollo de la velocidad de desplazamiento en escolares

Development of displacement speed in school youth

Elkin Alberto Arias Arias¹⁵

Rafael Darío Aguilar Aguilar¹⁶

Resumen

En el presente estudio se analiza la influencia de un programa de entrenamiento de la velocidad basado en aspectos coordinativos y técnicos, sin tener en cuenta estímulos específicos de fuerza u otras capacidades condicionales. Los resultados demuestran aumentos significativos en el rendimiento de las mujeres en las pruebas de 30 y 50 metros y aumentos no significativos del rendimiento de los hombres en las mismas pruebas. Los grupos de control, tanto de mujeres como de hombres, no muestran aumentos significativos del rendimiento. Se sugiere que en bajos niveles de rendimiento el aumento de la coordinación intramuscular y de la técnica de carrera podrían contribuir

¹⁵ Licenciado en Educación Física, Especialista en Entrenamiento Deportivo, Doctor en Educación Física. Docente Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia (Colombia). Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. elkinariasde@gmail.com

¹⁶ Licenciado en Educación Física, Especialista en Entrenamiento Deportivo, Magister en Actividad Física y Salud. Docente Instituto Universitario de Educación Física - Universidad de Antioquia (Colombia). Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte. balonmano20081@gmail.com



al aumento de la velocidad de desplazamiento. A partir de ciertos niveles, no determinados por este estudio, se hace necesario incluir entrenamientos específicos de fuerza y de otras capacidades condicionales en el entrenamiento de la velocidad.

Palabras clave: entrenamiento deportivo, jóvenes, coordinación, técnica deportiva

Abstract

The present study examines the influence of a speed training program based on coordinative and technical aspects, regardless specific force stimulus force and other conditional abilities. The results demonstrate significant performance for women in 30 and 50 meters tests and non-significant increases performance for men in the same tests. The control groups for women and men do not show significant increases in performance, it is suggested that in low performance the increased of the intramuscular coordination and running technique may contribute to the increased speed. Beyond certain levels not determined by this study, it is necessary to include specific strength training and other conditional abilities on speed training.

Keywords: sport training, young, coordination, sports technique



1. Introducción

La velocidad es “la capacidad para realizar uno o varios movimientos en el menor tiempo posible, con un ritmo de ejecución máximo y durante un período breve, que no provoque fatiga” (Porta, 1988) y depende principalmente de factores musculares y nerviosos. Dentro de los factores musculares se distinguen algunos no modificables como la longitud de fibra muscular y su estructura interna. Sin embargo, mediante el entrenamiento se puede influir sobre otros aspectos determinantes, como la masa muscular, la viscosidad de los músculos, el tono muscular y la capacidad de elongación y elasticidad.

Los factores nerviosos tienen que ver con la capacidad para captar información y conducirla en forma de impulsos bioeléctricos, hasta y desde la corteza cerebral y con la capacidad para que los músculos sean activados por esta transmisión del impulso, de forma que su contracción permita movimientos efectivos en el mínimo tiempo. Algunos de estos factores nerviosos dependen no tanto del entrenamiento sino de la constitución de cada sujeto. No obstante, por medio del entrenamiento se pueden modificar otros factores que sí son susceptibles de mejoramiento (Generelo & Lapetra, 1993).

La mayor parte de los teóricos de la velocidad (Grosser, 1992; García, 1998, Cometti, 2001; Matveiev, 1985) clasifican la velocidad en tres grupos diferentes, aunque en la mayoría de acciones del deporte y de la vida diaria aparecen combinados:

- Velocidad de desplazamiento
- Tiempo de reacción
- Velocidad de movimiento



Este estudio se enfoca en la velocidad de desplazamiento o frecuencial, considerada una de las formas puras de velocidad (Grosser, 1992).

La velocidad de desplazamiento es considerada como la capacidad de recorrer una distancia corta en el menor tiempo posible. En relación con el suministro energético, los esfuerzos considerados como de velocidad máxima de desplazamiento no superan los 15 segundos (McArdle, 1990).

La velocidad de desplazamiento está constituida por dos grandes componentes: la amplitud y la frecuencia de zancada. La amplitud de zancada se halla condicionada por otros elementos:

- La capacidad de impulso, que depende de la fuerza
- La longitud de las palancas
- La flexibilidad y relajación
- Una correcta ejecución técnica

La frecuencia de zancada se relaciona con factores centrados en el funcionamiento del sistema nervioso:

- La velocidad de transmisión del impulso nervioso
- La velocidad de contracción del músculo

La velocidad de desplazamiento se desarrolla fundamentalmente a expensas de la fuerza y la coordinación. Entre los 14 y los 19 años, la velocidad experimenta un aumento paralelo a la fuerza (Generelo & Lapetra, 1993).

En el presente estudio se pretende lograr aumentos significativos en la velocidad de desplazamiento, sin la aplicación específica de un programa de entrenamiento de la fuerza y sin actividades que pretendan el desarrollo de otras capacidades coadyuvantes a la



velocidad, como la resistencia y la flexibilidad. De esta manera, se persigue lograr la llamada velocidad supramáxima, que “significa, para el ámbito del sprint mejoras a nivel de seguridad en el movimiento, de la activación neuronal, del incremento de la frecuencia de zancadas y de su longitud, igual que de la estimulación muscular y de la economización del producto energético”. (Grosser, 1992)

Lo anterior con el fin de determinar el aporte de la coordinación intermuscular, como causa de la calidad de la técnica de movimiento y del ritmo y verificar la posibilidad de disminuir el tiempo de recorrido en distancias que requieren de buena capacidad de reacción y aceleración (30 m) además de la manifestación de la velocidad máxima (50 m) sin la contribución del desarrollo de la fuerza a través de estímulos específicos para ello.

Objetivos

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento de la velocidad de desplazamiento, basado en el desarrollo de la coordinación intermuscular y la técnica de carrera, sobre el tiempo de carrera en distancias de 30 y 50 metros, en escolares de grado 10 y 11.

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento de la velocidad de desplazamiento, basado en el desarrollo de la coordinación intermuscular y la técnica de carrera, sobre la velocidad promedio en carreras de 30 y 50 metros, en escolares de grado 10 y 11.

Determinar el efecto de un programa de entrenamiento de la velocidad de desplazamiento, basado en el desarrollo de la coordinación intermuscular y la técnica de carrera, sobre la aceleración promedio en carreras de 30 y 50 metros, en escolares de grado 10 y 11.



2. Materiales y métodos

2.1 Muestra

La muestra se constituyó con 45 escolares de media vocacional, grados 10 y 11, pertenecientes a una institución educativa de la ciudad de Medellín. Se dividieron, de forma aleatoria, en 4 grupos homogéneos: Grupo Experimental Femenino (GEF, n= 11), Grupo Control Femenino (GCF, n= 10) y Grupo Experimental Masculino (GEM, n= 10), Grupo Control Masculino (GCM, n= 11) (tabla 1). Entre los grupos femeninos no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las tres variables descriptivas: Peso ($t= 0.400$, $p= 0.693$); Talla ($t= -0.019$, $p= 0.984$) y Edad ($t= 0.984$, $p= 0.612$). Tampoco entre los grupos masculinos se encontraron diferencias en Peso ($t= 0.005$, $p= 0.995$); Talla ($t= -0.110$, $p= 0.913$) y Edad ($t= 0.913$, $p= 0.801$).

Tabla 1. Descripción de los grupos experimental (GE) y control (GC).
n = número de sujetos, (D.S.) = desviación estándar.

Grupos	Datos	Peso	Talla	Edad
GE FEMENINO	Media (d.s)	53.48 (9.50)	1.59 (0.05)	15.83 (0.86)
n = 11	Rango	42-69.3	1.50-1.67	14.5-17.5
GC FEMENINO	Media (d.s)	52.5 (7.20)	1.60 (0.08)	16.22 (0.5)
n = 10	Rango	43-66	1.50-1.65	14-17
GE MASCULINO	Media (d.s)	58.06 (8.07)	1.70 (0.07)	16.54 (1.44)
n = 10	Rango	47.7-72	1.58-1.81	14.2-18.3
GC MASCULINO	Media (d.s)	58 (9.02)	1.72 (0.03)	16.2 (0.91)
n = 11	Rango	48.4-75	1.63-1.81	14-16.5

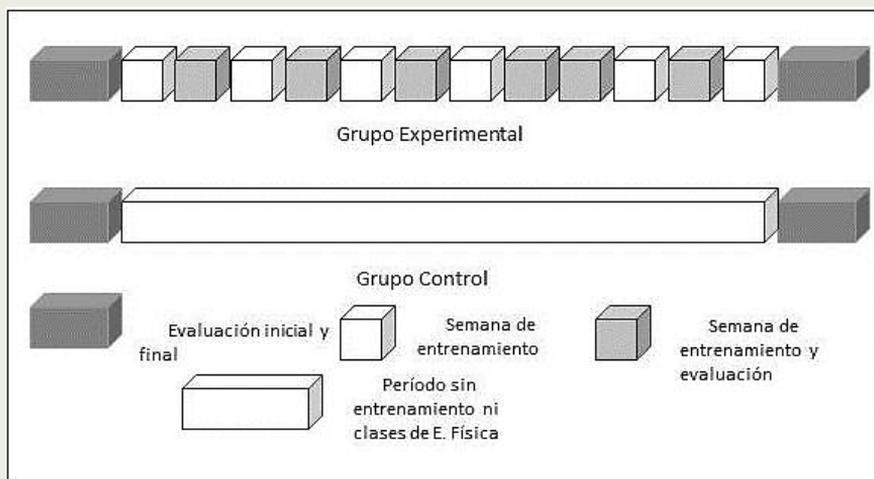


2.2 Procedimiento

En los grupos experimentales femenino y masculino se aplicó un programa para el desarrollo de la velocidad que no incluyó trabajos específicos de fuerza, resistencia o flexibilidad. Cada grupo experimental dedicó 3 sesiones semanales al entrenamiento de la velocidad. Los grupos de control suspendieron las clases de Educación Física durante el período de entrenamiento de los grupos experimentales.

Los 4 grupos fueron evaluados antes de iniciar la aplicación del programa en pruebas de carrera de 30, 50 metros con salida de pie y 20 metros con salida lanzada. Al finalizar el entrenamiento se evaluó nuevamente la velocidad de desplazamiento en los 4 grupos, aplicando las mismas pruebas en condiciones similares. Adicionalmente, a los grupos experimentales se les aplicó 6 pruebas de control (1 cada 2 semanas) con el fin de verificar el desarrollo del entrenamiento, reflejado en la disminución del tiempo en las distancias y en el aumento de la velocidad y aceleración medias durante la carrera (figura 1).

Figura 1. Diseño del estudio para los 4 grupos de trabajo.





2.3 Variable Independiente: Programa de entrenamiento

El programa de entrenamiento estuvo constituido por estímulos específicos para cada una de las partes en las que se dividen las carreras hasta 50 metros: puesta en acción (0 a 10 mts.), aceleración (10 a 30 mts.) y mantenimiento de la velocidad máxima (30 a 50 mts.) (García & col., 1998). A cada una de las partes se les dedicó un tiempo de entrenamiento proporcional a su importancia en la carrera; así, a la puesta en acción se le dedicó el 20 % del tiempo total de entrenamiento, a los ejercicios orientados a mejorar la aceleración el 50 % y a los estímulos orientados a mantener la velocidad máxima el 30 %. Así mismo, la mayor parte del programa se enfocó en actividades orientadas a mejorar la coordinación intermuscular, la técnica y la concentración durante la carrera.

La intensidad de ejecución de cada ejercicio fue máxima, pues sólo de esta forma se obtienen rendimientos en velocidad. El volumen estuvo determinado por el número de repeticiones y series de cada ejercicio en relación con el número de metros a recorrer en cada ejecución de ejercicios de carrera y el tiempo en segundos, cuando se trataba de ejercicios de coordinación y técnica; en actividades dirigidas a mejorar la puesta en acción se realizaron carreras de 10 metros, para esta distancia se ejecutaron 2 series de 5 repeticiones con descanso de 30 segundos entre repeticiones y de un minuto entre series. En actividades dirigidas a mejorar la aceleración, se realizaron carreras de máximo 30 metros, para esta distancia se realizaron 2 series de 3 repeticiones con 2 minutos de descanso entre repetición y tres minutos entre series. Para las carreras de 50 metros se realizó 1 serie de 2 repeticiones con 5 minutos de descanso entre ellas. Los ejercicios destinados a mejorar la coordinación intermuscular y la técnica tuvieron una duración de



máximo 15 segundos, con el fin de no recurrir a sistemas de producción de energía impropios de la velocidad.

Como método de entrenamiento se utilizó el llamado abecedario de sprints, compuesto por ejercicios que “forman de manera idónea la velocidad frecuencial durante el entrenamiento de base...” (Grosser, 1992). Estos ejercicios se utilizan en cada sesión de entrenamiento. También se utilizaron las carreras de hasta 50 metros con énfasis en diferentes aspectos del movimiento técnico y las carreras lanzadas a máxima velocidad entre 10 y 30 metros con una distancia de precarrera de 10-20 metros.

2.4 Variable dependiente: Velocidad de desplazamiento

El tiempo de carrera se midió a partir de un recorrido de 60 metros con ubicación de cronometristas en 30 y 50 metros. El evaluado se ubica en posición de salida de pie y, a la señal auditiva emitida por un pito accionado por un controlador en la línea de salida, inicia el recorrido efectuando el mayor esfuerzo posible para recorrer la distancia en el menor tiempo. Simultáneamente los cronometristas accionan los cronómetros que son detenidos al pasar el evaluado por las señales ubicadas a 30 y 50 metros. Los tiempos calculados para 20 metros lanzados se obtienen a partir de la sustracción del tiempo en 30 metros del tiempo obtenido en los 50 metros. La disposición para la prueba se hace de acuerdo al protocolo para pruebas de velocidad aplicado a escolares colombianos. (Jáuregui & Ordoñez, 1994).

Con los datos de tiempo para cada una de las distancias se obtienen, a partir de las respectivas fórmulas, los valores para la velocidad y la aceleración medias.



2.5 Análisis estadístico

Se obtuvieron medidas de tendencia central y de dispersión y las correspondientes pruebas t, utilizando el programa estadístico Stagraphics 5.0.

3. Resultados

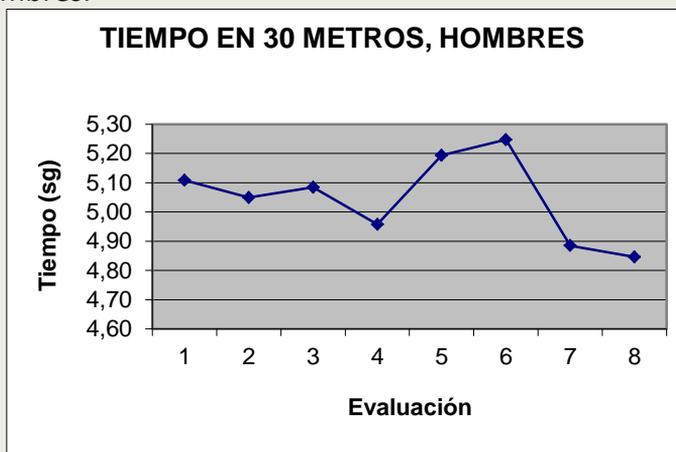
Al comparar los valores iniciales y finales de los tiempos en las carreras de 30, 50 y 20 metros lanzados se obtienen datos diferenciales para hombres y mujeres en los GE. En la carrera de 30 metros, los hombres mejoraron su tiempo en 0.43 seg., lo cual significa un aumento porcentual del 6 % en su rendimiento en esta distancia. Este aumento es progresivo, como lo demuestran las evaluaciones parciales realizadas cada 2 semanas; sin embargo, éste no logra ser significativo ($t= 1.39$, $P= 0.181$) (tabla 2 y figura 2).

Tabla 2. Valores parciales y definitivos de la evaluación de la carrera de 30 metros en hombres.

30 Metros Hombres			
Evaluación	Tiempo	Velocidad	Aceleración
1	5.11	5.87	1.15
2	5.05	5.94	1.18
3	5.08	5.9	1.16
4	4.96	6.05	1.22
5	5.19	5.78	1.11
6	5.25	5.72	1.09
7	4.89	6.14	1.26
8	4.85	6.19	1.28



Figura 2. Evolución de los tiempos logrados en la carrera de 30 metros por los hombres.



Sin embargo, se nota un ligero y progresivo aumento en la velocidad media de desplazamiento (5 %) y en la aceleración media (10 %). (tabla 2 y figuras 3 y 4).

Figura 3. Evolución de la velocidad en la carrera de 30 metros en hombres.

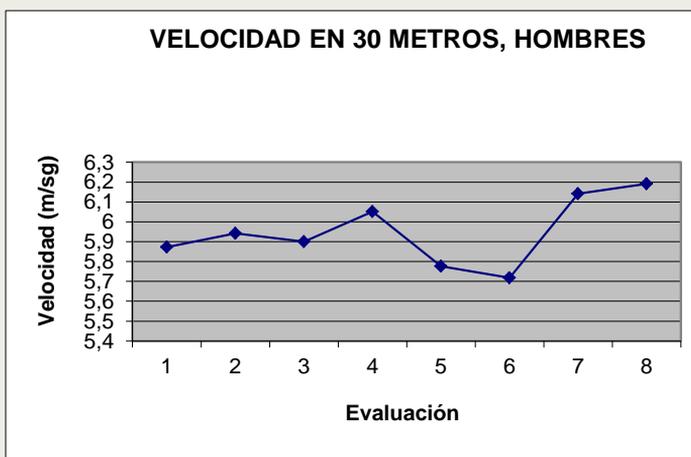
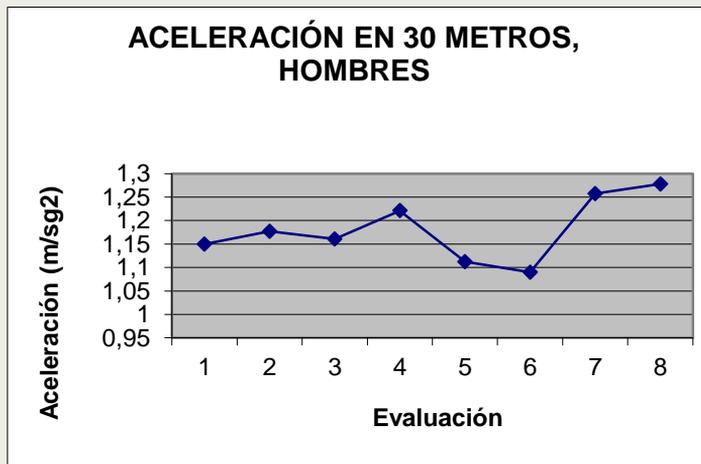




Figura 4. Evolución de la aceleración en la carrera de 30 metros en hombres.



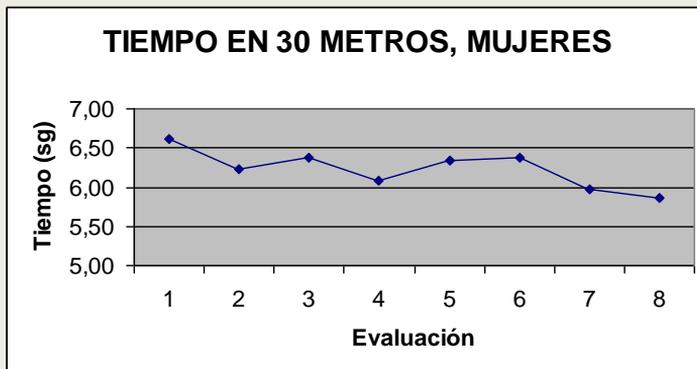
Las mujeres lograron mejorar sustancialmente sus tiempos en la carrera de 30 metros; el promedio en esta distancia pasó de 6.61 seg. a 5.86 seg., con lo cual logran disminuir el tiempo en un 13 % en promedio. Esta disminución del tiempo refleja un aumento significativo del rendimiento de las mujeres en esta distancia ($t = 3.606$, $P < 0.001$) (tabla 3, figura 5).



Tabla 3. Valores parciales y definitivos de la evaluación de la carrera de 30 metros en mujeres.

30 Metros Mujeres			
Evaluación	Tiempo	Velocidad	Aceleración
1	6.61	4.54	0.64
2	6.23	4.82	0.77
3	6.37	4.71	0.74
4	6.08	4.93	0.81
5	6.33	4.74	0.75
6	6.38	4.7	0.74
7	5.98	5.02	0.84
8	5.86	5.12	0.87

Figura 5. Evolución de los tiempos logrados en la carrera de 30 metros por las mujeres.



La velocidad media de carrera también logró notables aumentos después de que el grupo de mujeres concluyó su período de entrenamiento (13 %); la aceleración media para la carrera de 30 metros en las mujeres mejoró de forma bastante notable (36%) y lo hizo de forma progresiva. (Tabla 3 y figuras 6 y 7).



Figura 6. Evolución de la velocidad en la carrera de 30 metros en mujeres.

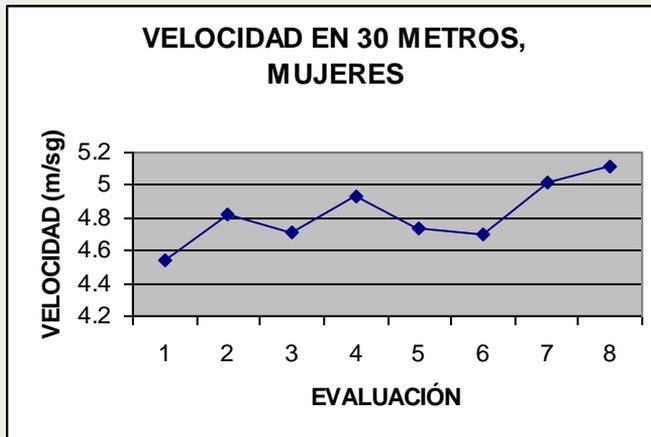
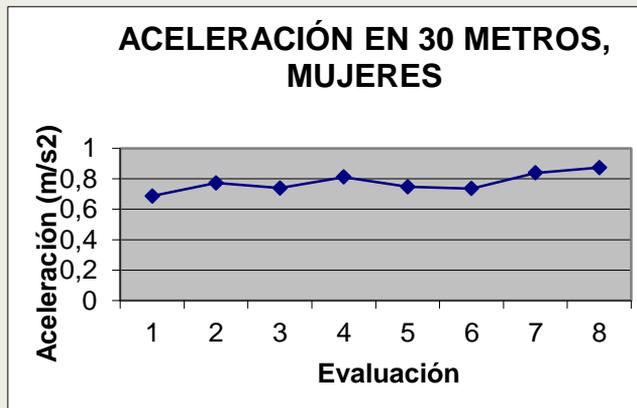


Figura 7. Evolución de la aceleración en la carrera de 30 metros en mujeres.





En las tablas y gráficas se nota una significativa disminución del rendimiento en la carrera de 30 metros, tanto en hombres como en mujeres, en las evaluaciones 5 y 6. Tal aumento en el tiempo y disminución en la velocidad y aceleración media podría obedecer a que en estas fechas de evaluación, la pista en la cual se realizaron las pruebas y el entrenamiento se encontraba mojada debido a la lluvia la noche anterior a la evaluación (las evaluaciones se realizaban en horas de la mañana). Lo anterior sugiere la influencia de la pista en los tiempos y rendimientos de los sujetos que efectúan pruebas de velocidad de desplazamiento.

Los grupos de control, tanto masculino como femenino, obtuvieron pequeños aumentos en su rendimiento en la carrera de 30 metros, a pesar de no haber recibido ningún entrenamiento orientado a mejorar su tiempo en la carrera. El grupo de control masculino disminuyó el promedio del tiempo requerido para recorrer la distancia de 5.17 a 4.98, lo que representa un aumento del 4 % en el rendimiento, aumento que no es significativo ($t = 1.014$, $P = 0.323$); la velocidad media pasó de 5.80 m/s a 6.02 m/s (aumento del 4 %) y la aceleración media pasó de 1.12 m/s² a 1.21 m/s² (aumento del 8 %).

En la tabla 4 se muestran los valores obtenidos con la prueba t intragrupo (pretest-postest) para los tiempos obtenidos en la carrera de 30 metros con salida de pie.



Tabla 4. Valores de la prueba t para la comparación de medias intragrupos pretest-postest.

50 Metros Hombres			
Evaluación	Tiempo	Velocidad	Aceleración
1	7.98	6.27	0.79
2	7.89	6.34	0.8
3	7.86	6.36	0.81
4	7.76	6.44	0.83
5	8.28	6.04	0.73
6	7.85	6.37	0.81
7	7.62	6.56	0.86
8	7.55	6.62	0.88

En la carrera de 50 metros se obtuvieron resultados muy similares a los obtenidos con la de 30 metros. Los hombres disminuyeron el promedio del tiempo necesario para recorrer la distancia de 7.98 a 7.55 seg. (0.43 seg), lo cual coincide con la disminución de tiempo en la carrera de 30 metros; de igual forma aumentaron su rendimiento en esta distancia un 6%, que no es significativo ($t = 1.545$, $P = 0.139$, no significativa) (tabla 5, figura 8).

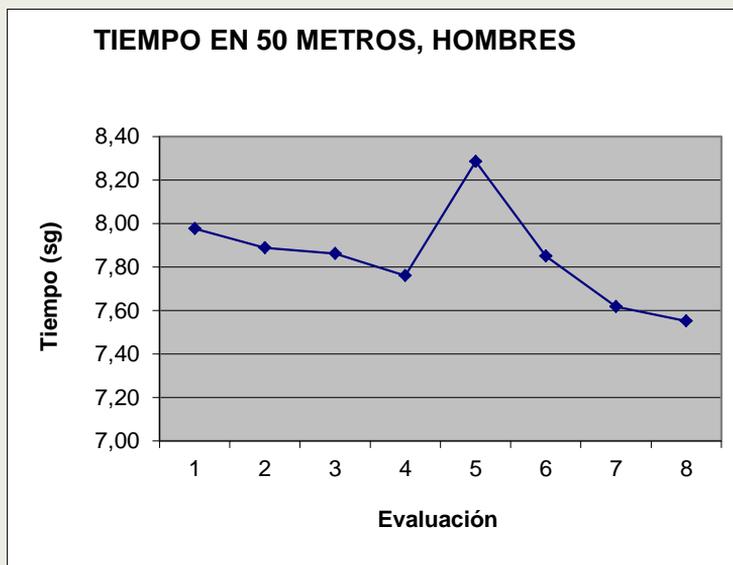
Tabla 5. Valores parciales y definitivos de la evaluación de la carrera de 50 metros en hombres.

	GE Masculino	GC Masculino	GE Femenino	GC Femenino
T-student	1.39	1.014	3.606	1.058
P	0.184	0.323	0.001*	0.305

* significativo al nivel de 0.01



Figura 8. Evolución de los tiempos logrados en la carrera de 50 metros por los hombres.



Los hombres también aumentaron su promedio de velocidad media para los 50 metros un 6 % y la aceleración media aumentó un 11 % (tabla 5, figuras 9 y 10). Los ligeros aumentos del rendimiento en la carrera tan similares en los 30 y 50 metros para hombres, no permiten diferenciar si este aumento se produjo debido a la mejora en la capacidad de aceleración (hasta 30 metros) o a mejoras en la capacidad para mantener la velocidad máxima (de 30 a 50 metros).



Figura 9. Evolución de la velocidad en la carrera de 50 metros en hombres.

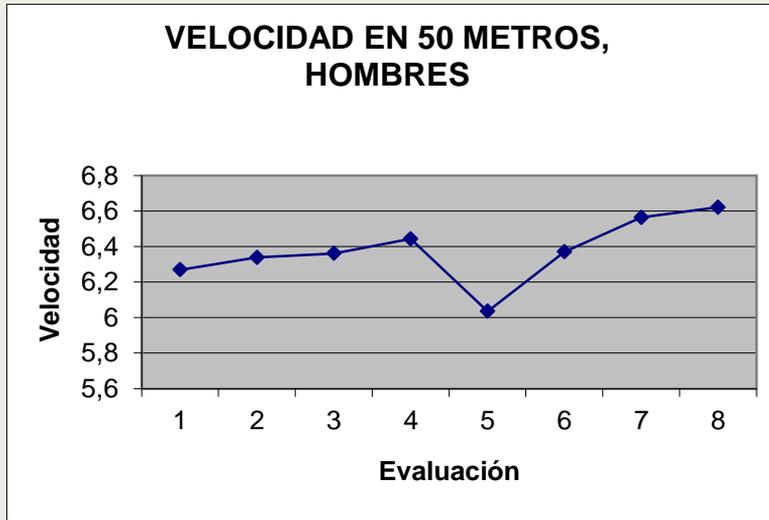
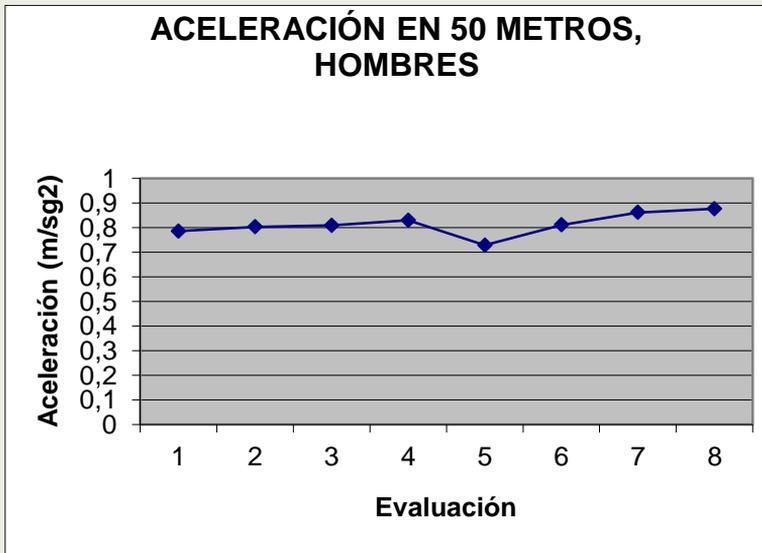


Figura 10. Evolución de la aceleración en la carrera de 50 metros en hombres.



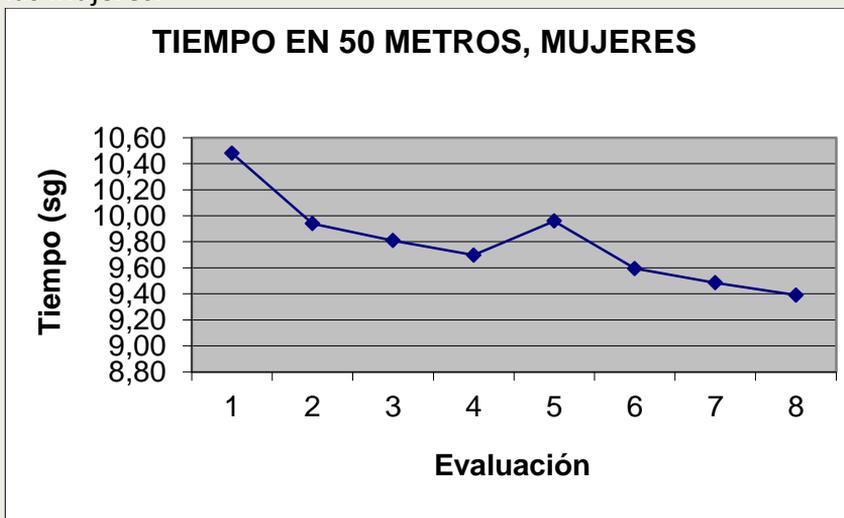


En las mujeres se observa una disminución notable del promedio de tiempo para recorrer 50 metros (1.09 seg.). La diferencia del 12 %, entre los tiempos logrados en el pretest y el postest resulta ser significativa ($t=2.972$, $P < 0.007$), indicando que las mujeres lograron aumentos sustanciales del rendimiento en la carrera (tabla 6, figura 11).

Tabla 6. Valores parciales y definitivos de la evaluación de la carrera de 50 metros en mujeres.

50 METROS MUJERES			
EVALUACIÓN	TIEMPO	VELOCIDAD	ACELERACIÓN
1	10.48	4.77	0.46
2	9.94	5.03	0.51
3	9.81	5.1	0.52
4	9.7	5.16	0.53
5	9.96	5.02	0.5
6	9.59	5.21	0.54
7	9.48	5.27	0.56
8	9.39	5.32	0.57

Figura 11. Evolución de los tiempos logrados en la carrera de 50 metros por las mujeres.





Las mujeres lograron aumentar la velocidad media de desplazamiento en 0.55 m/s y la aceleración media aumentó 0.11 m/s². Con esto se obtiene un aumento en el rendimiento promedio de las mujeres del 12% en velocidad y del 24% en aceleración (figuras 12 y 13).

Figura 12. Evolución de la velocidad en la carrera de 50 metros en mujeres.

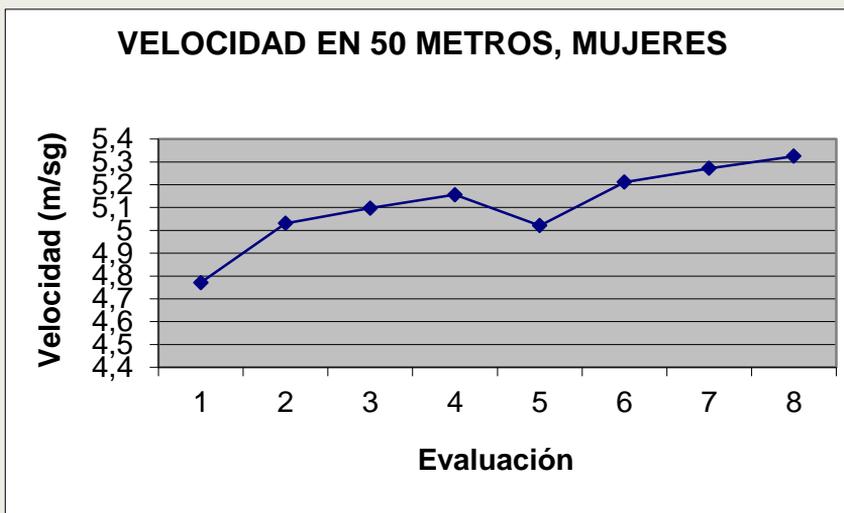
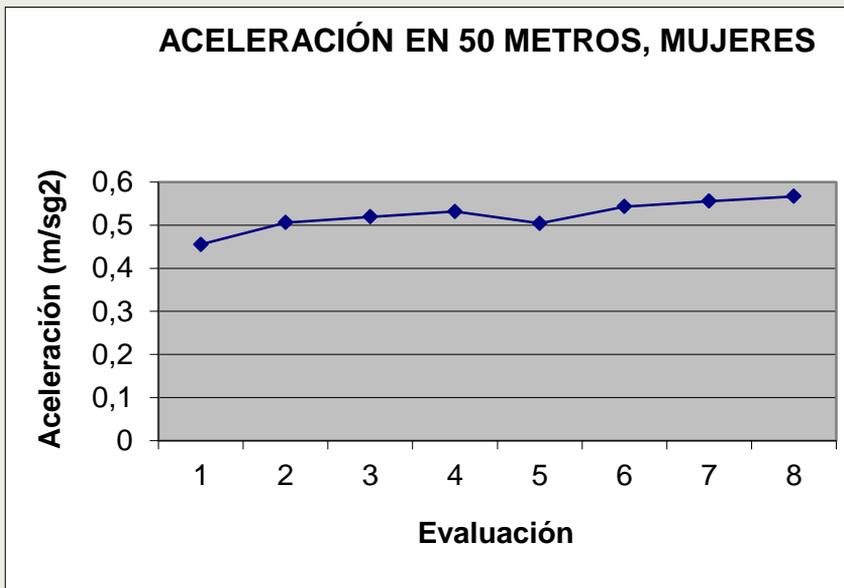




Figura 13. Evolución de la velocidad en la carrera de 50 metros en mujeres.



Como en la carrera de 30 metros, en la carrera de 50 metros también se nota la disminución del rendimiento en las evaluaciones 5 y 6 debido a que la pista mojada se hace muy blanda y no permite al corredor aprovechar todas sus fuerzas para disminuir su tiempo en las distancias recorridas.

Los grupos de control, tanto masculino como femenino, obtuvieron pequeños aumentos en su rendimiento en la carrera de 50 metros. El grupo de control masculino disminuyó el promedio del tiempo requerido para recorrer la distancia de 8.13 a 7.86, lo que representa un aumento del 4 % en el rendimiento, aumento que no es significativo ($t = 0.840$, $P = 0.411$). La velocidad media pasó de 6.15 m/s a 6.36 m/s



(aumento del 3 %) y la aceleración media pasó de 0.76 m/s² a 0.81 m/s² (aumento del 7 %).

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos con la prueba t intragrupo (pretest-postest) para los tiempos obtenidos en la carrera de 50 metros con salida de pie.

Tabla 7. Valores de la prueba t para la comparación de medias intragrupos pretest-postest.

	GE Masculino	GC Masculino	GE femenino	GC femenino
T-student	1.545	0.840	2.972	0.851
P	0.139	0.411	0.007*	0.403

* significativo al nivel de 0.01

En 20 metros lanzados se logró alguna reducción del tiempo de desplazamiento en esta distancia en el grupo de hombres, cuyo promedio pasó de 2.84 seg. a 2.64, lo que representa un aumento del 7 % en el rendimiento en esta distancia, que no alcanza a ser significativo ($t = 1.472$, $P = 0.158$). El grupo de mujeres disminuyó también su promedio de tiempo en esta distancia, el cual pasó de 3.87 seg. a 3.53 seg., que representa un aumento del 10 % del rendimiento en esta distancia, que tampoco resulta ser significativo ($t = 1.348$, $P = 0.192$).

4. Discusión y Conclusiones

En general, las mujeres obtuvieron mayores beneficios del programa de entrenamiento, pues los promedios de velocidad del grupo experimental mejoraron significativamente. Es probable que esta mayor disminución del tiempo de carrera se deba a que comenzaron con valores muy altos y, por lo tanto, se haya logrado, con un entrenamiento de velocidad basado sólo en ejercicios de coordinación y de técnica de



carrera, disminuir el tiempo en la carrera sin recurrir a entrenamientos específicos de fuerza o de otras capacidades condicionales.

Los hombres, a pesar de lograr disminuciones en el tiempo de carrera en un 6 % en los 30 y los 50 metros, no lograron mejoras estadísticamente significativas. Lo anterior sugiere que a partir de determinados aumentos del rendimiento en velocidad con base en la longitud y frecuencia de zancada, se hace necesario recurrir, simultáneamente, al estímulo de otras capacidades condicionales que influyen en la velocidad de desplazamiento, entre las que sobresalen trabajos de la fuerza máxima y explosiva (Cometti, 2001).

Varios autores (García & col., 1998; Cometti, 2001; Grosser, 1992) sugieren que la velocidad es potencialmente entrenable entre un 10 al 15 % como máximo. Aumentos del 6 % en velocidad y del 11 % en aceleración, no son estadísticamente significativos. Parece difícil que, con potenciales de aumento tan pequeños, se logren diferencias significativas en el ámbito de la velocidad. Se debe tener en cuenta, entonces, que pequeños aumentos porcentuales del rendimiento, en cuanto a las demás capacidades condicionales con mayor potencial de entrenamiento, como la fuerza y la resistencia, podrían ser altos en cuanto a valores de velocidad se refiere.

En las carreras de 30 metros se logran valores más altos de aceleración media que en las carreras de 50 metros. Lo anterior está de acuerdo con el planteamiento de García & col. (1998) sobre del desarrollo de la aceleración máxima de carrera alrededor de los 30 metros y el mantenimiento de la velocidad máxima entre los 30 y los 50 metros.

Las condiciones climáticas y el tipo y estado de la pista influyen notablemente en el rendimiento en las pruebas de carrera de 30 y 50 metros.



Los aumentos del rendimiento, no significativos, de los tiempos en los 20 metros lanzados, sugiere la mejora en aspectos coordinativos y técnicos en la carrera, como la longitud y frecuencia de zancada, pero, en el presente estudio, no permiten determinar si los aumentos en el rendimiento se deben al mejoramiento de la capacidad de aceleración o al mejoramiento de la capacidad para mantener la velocidad máxima.

5. Recomendaciones

Posteriores investigaciones deberían contrastar los aumentos en el rendimiento obtenidos en grupos con entrenamiento exclusivo de la coordinación y técnica de carrera con grupos con estimulación específica de la fuerza y también grupos con estimulación específica de otras capacidades condicionales, con el fin de determinar la contribución de cada capacidad física al rendimiento en pruebas de velocidad de desplazamiento.

Las evaluaciones de velocidad de desplazamiento deberían hacerse en condiciones climáticas óptimas, con atención al tipo y estado de la pista. Además se debería, en lo posible, utilizar mediciones electrónicas de los tiempos, velocidades y aceleraciones logrados por los sujetos, con el fin de disminuir la variabilidad y el margen de error presentes en las mediciones manuales.

Las evaluaciones de la velocidad de desplazamiento en pruebas de carrera deberían tener en cuenta mediciones parciales en el mayor número de tramos posibles, con el fin de determinar, de una mejor forma, los valores tramos de aceleración, logro y mantenimiento de la velocidad máxima y resistencia a la velocidad, información que podría contribuir de forma notable a la determinación de prioridades en los programas de entrenamiento.



Referencias

- Billouin A (1982). *Atletismo I: Velocidad, medio fondo, vallas, marcha*. Barcelona: Editorial Hispano-Europea.
- Bosco C (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.
- Cometti G (2001). *La Velocidad*. Barcelona: Paidotribo.
- Fernández J, Chinchilla J, Reina A, Escobar R (2003). Evaluación de la velocidad máxima en jóvenes atletas. *EF Deportes*, 9(61).
- Grosser M (1992). *Entrenamiento de la Velocidad: fundamentos, métodos y programas*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- García J, Martín R, Navarro M, Ruiz J (1998). *La Velocidad*. Madrid: Gymnos.
- García J, Martín R, Navarro M, Ruiz J (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.
- González J, García J (2003). *Curso universitario de especialistas el alto rendimiento deportivo*. España: Comité Olímpico Español.
- Generelo E, Lapetra S (1993). Las cualidades físicas básicas: análisis y evolución. En: *Fundamentos de Educación Física para enseñanza primaria I*. Barcelona: INDE.
- Jáuregui M, Ordoñez J (1994). *Pruebas de evaluación de la condición física estandarizadas en Colombia*. Bogotá: COLDEPORTES.
- Manno R (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Matveiev LP (1985). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Moscú: Raduga.
- McArdle WD, Katch FI. (1989). *Fisiología del ejercicio: energía nutrición y rendimiento humano*. Barcelona: Paidotribo.
- Mirella R (2001). *Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad*. Barcelona: Paidotribo.



Platonov N, Bulatova M (1993). *La preparación física*. Barcelona: Paidotribo.

Porta J (1988). *Las capacidades físicas básicas en programas y contenidos de la educación físico-deportiva en BUP y FP*. Paidotribo: Barcelona.

Weineck J (1988). *Entrenamiento óptimo*. Barcelona: Paidotribo.

Cada porcentaje de frecuencia cardiaca fue extrapolado en relación a porcentajes del $\dot{V}O_2\text{máx}$. Según López (2006), la diferencia entre el % de las FC y el % del $\dot{V}O_2\text{máx}$ es del orden del $\pm 3\%$, siendo inferior al $\dot{V}O_2$. En la siguiente distribución, 70%, 80% y 90% de la $FC\text{máx}$ es a 60%, 70% y 80% de $\dot{V}O_2\text{máx}$. Los porcentajes correspondientes a la frecuencia cardiaca (lat/min) y frecuencia de paleo (pal/min), fueron determinados para cada deportista en la primera prueba de esfuerzo (Ergoespirometría) y de velocidad de desplazamiento en 1000 mts. efectuadas al inicio del plan, de la siguiente manera: el porcentaje de intensidad de carga se valoró a partir del monitoreo del 100% de la $FC\text{máx}$ expresado en pulsaciones por minuto (lat/min), en el test incremental en rampa con ayuda del pulsómetro. Una vez hallado el 100% de la frecuencia cardiaca máxima, se creó una escala de valores de porcentaje de $FC\text{máx}$ a partir de la fórmula de Karvonen, la cual



El Índice de frecuencia de paleo por minuto fue determinado en la prueba de 1000 metros, para ello se realizaron cinco tomas de frecuencia de paleo durante la realización de la distancia, en el inicio, 250, 500, 750 y 1000 metros. Se promediaron los datos dividiéndolo por el número de tomas, hallando de esta forma el 100% de paladas/minuto. A partir de este porcentaje se determinó el 70%, 80%, 90% de las pal/min. Una vez obtenidos los datos de la frecuencia cardiaca ($FC\text{/min}$) y porcentajes de frecuencia de paleo (pal/min), se construyó una zona de intensidad de carga por deportista, que tuvo una variabilidad de 10 unidades en la $FC\text{máx}$ y 4 unidades en las pal/min. La creación



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
1803

Instituto Universitario de Educación Física