

Article

Diferencias en la Capacidad de Discriminación de la Velocidad Antes y Después de la Fatiga Inducida por el Ejercicio en Atletas de Deportes de Balón

Differences in Ball Sports Athletes Speed Discrimination Skills Before and After Exercise Induced Fatigue

Kaivo Thomson^{1,2}, Anthony Watt^{1,3} y Jarmo Liukkonen¹

¹University of Jyväskylä, Finland.

²Tallinn University, Estonia.

³Victoria University, Australia.

RESUMEN

Existen investigaciones sustanciales en relación con el efecto de la fatiga sobre las capacidades cognitivas de los atletas. Sin embargo, muy pocos estudios en el ámbito del deporte han investigado el tiempo y la precisión de la toma de decisiones en relación con la discriminación de la velocidad de un objeto en movimiento durante la práctica de ejercicios realizados a máxima intensidad. El propósito de este estudio ha sido examinar las diferencias en las capacidades de discriminación de la velocidad pre y post fatiga de los atletas de elite que participan en deportes en los que se utiliza un balón, para determinar si priorizan la precisión o la velocidad de la toma de decisiones cuando se encuentran físicamente exhaustos. Los participantes del estudio fueron 163 hombres ($M = 21.17$, $DE = 4.18$) jugadores de fútbol ($n = 79$), básquetbol ($n = 63$) y vóleybol ($n = 21$) de nivel nacional de Estonia. El consumo de oxígeno pico ($VO_{2\text{máx}}$) fue valorado mediante a través de una prueba de ejercicio progresiva en cinta ergométrica. Los estímulos de discriminación de la velocidad fueron imágenes de figuras cuadradas de color rojo sobre un fondo gris que se movían a lo largo del eje sagital a cuatro velocidades virtuales diferentes en una pantalla de computadora (PC). El análisis MANOVA para medidas repetidas reveló un efecto principal significativo para el factor tiempo de la toma de decisiones. Un segundo análisis MANOVA reveló un efecto principal significativo para el factor precisión de la toma de decisiones. En relación con la precisión de la toma de decisiones pre y post fatiga, el grupo de futbolistas cometió una cantidad de errores significativamente más baja que el grupo basquetbolistas ($p = 0.015$). Los resultados mostraron que el tiempo de la toma de decisiones de los atletas disminuyó y los errores en la toma de decisiones se incrementaron luego de realizar ejercicios aeróbicos máximos. La comparación de las capacidades de discriminación de la velocidad pre y post fatiga de los jugadores experimentados de básquetbol, vóleybol y fútbol indicó que la única diferencia significativa se produjo en relación con la precisión en la toma de decisiones entre los grupos de futbolistas y basquetbolistas. Los presentes hallazgos demostraron con claridad que los atletas toman decisiones con más rapidez a expensas de la precisión cuando están fatigados.

Palabras Clave: toma de decisiones, percepción, agotamiento, atletas de elite

ABSTRACT

Substantial research exists in relation to the effect of fatigue on the cognitive skills of athletes. Very few studies in the sport domain, however, have investigated decision-making time and accuracy in relation to the discrimination of the speed of a moving object following exercise at maximal intensity. The purpose of this study was to examine differences in the pre- and post-fatigue speed discrimination skills of elite ballgames athletes to determine if they prioritize accuracy or speed of decision-making when physically exhausted. The participants in the study were 163 males ($M = 21.17$, $SD = 4.18$) Estonian national level soccer ($n = 79$), basketball ($n = 63$) and volleyball ($n = 21$) players. Peak oxygen uptake (VO_{2max}) was assessed during completion of an incremental exercise test on a treadmill. Speed discrimination stimuli were images of red square-shapes on a grey background presented moving along the sagittal axis at four different virtual velocities on a computer (PC) screen. Repeated measures MANOVA revealed a significant main effect for the decision-making time factor. A second MANOVA revealed a significant main effect for the decision-making accuracy factor. The soccer group made a significantly lower number of errors than the basketball group ($p = 0.015$) in pre- and post-fatigue decision-making accuracy. The results showed that athletes' decision-making time decreased and decision-making errors increased after a maximal aerobic capacity exercise task. A comparison of the pre- and post-fatigue speed discrimination skills of experienced basketball, volleyball and soccer players indicated that the only significant difference was for decision-making accuracy between the soccer and basketball groups. The current findings clearly demonstrated that the athletes made decisions faster at the expense of accuracy when fatigued.

Keywords: decision-making, perception, exhaustion, elite-athletes

INTRODUCCION

Se ha demostrado que la fatiga física inducida por la competencia y el entrenamiento, como resultado de la participación en el deporte, afecta la ejecución de las tareas motoras por parte de los atletas (Aune et al., 2008). Se puede considerar a la fatiga como la restricción del rendimiento que afecta no sólo los procesos motores sino también los procesos perceptuales vinculados con la ejecución de las destrezas que se requieren para la participación, a nivel elite, en juegos con balón (McMorris y Graydon, 1997; Royal et al., 2006).

El rendimiento de las destrezas perceptuales que suponen actividades tales como el tiempo de reacción y elección, en general mejoran luego de la realización de tareas llevadas a cabo a intensidades crecientes hasta alcanzar el gasto máximo de energía (Brisswalter et al., 1997; Chmura et al., 2002; Tomporowski, 2003). Muchos deportes requieren que los participantes completen tareas físicas llevadas a cabo a intensidades moderadas y máximas de ejercicio y que al mismo tiempo realicen destrezas motoras perceptuales que deben completarse de la manera más rápida y precisa posible (Chmura et al., 2002; Rendi et al., 2007). Además, las variaciones en el equilibrio entre la intensidad del ejercicio y las exigencias de la respuesta psicomotora en los deportes de balón pueden llevar a los atletas involucrados a exhibir los diferentes atributos de procesamiento perceptual para mantener su rendimiento físico y motor.

Los estudios orientados al deporte que investigaron la influencia de las capacidades perceptuales-cognitivas vinculadas con el procesamiento visual, tales como la anticipación y el reconocimiento de patrones, pueden aportar pruebas valiosas para comprender mejor los atributos psicofisiológicos de los atletas de nivel elite (Jackson et al., 2006; Williams et al., 2006). Un aspecto del procesamiento visual que requiere más investigación en el ámbito del deporte es el tiempo y la precisión de la toma de decisiones en relación con la discriminación de la velocidad de un objeto en movimiento. La investigación previa en el campo de la neurociencia ha proporcionado un descriptor más específico para este proceso llamado "discriminación de la velocidad" (Clifford et al., 1999; Huang et al., 2008; Overney et al., 2008).

Williams y Ford (2008) proporcionaron una visión general detallada de las adaptaciones que pueden ocurrir en las capacidades perceptuales-cognitivas como resultado de la participación regular en la práctica y el entrenamiento deportivo. Estos investigadores propusieron que "las mejoras en la anticipación y en la capacidad de toma de decisiones son causadas por los cambios en las capacidades perceptuales-cognitivas, el conocimiento y los mecanismos que actúan de mediadores en cómo el cerebro y el sistema nervioso procesan la información y controlan el rendimiento" (p. 10). Overney et al. (2008) utilizaron un conjunto de siete actividades de discriminación visual, que incluyeron una medida de la discriminación de la velocidad, para evaluar las diferencias en el procesamiento perceptual entre jugadores de tenis, triatletas y personas que no eran atletas. Descubrieron que las capacidades relacionadas con el tiempo, tales como la discriminación de la velocidad, fueron superiores en los jugadores de tenis. En relación con los deportes de conjunto en los

que se utiliza un balón, Kioumourtzoglou et al. (1998) reportaron diferencias significativas en el tiempo promedio necesario para la estimación de la velocidad y la dirección de un objeto en movimiento utilizando estímulos mediante una computadora, entre los grupos compuestos por jugadores de voleibol de nivel de elite y por jugadores de voleibol principiantes. Las diferencias que se hallaron entre los grupos no estuvieron relacionadas con la cantidad de respuestas correctas asociadas a la identificación de la velocidad y la dirección de los objetos en movimiento. Por el momento ningún investigador ha descubierto un patrón claro de las diferencias en las capacidades de procesamiento perceptual-cognitivo de los atletas involucrados en diferentes deportes.

Durante la participación en juegos de situación la actividad cognitiva de los atletas está influenciada por el nivel de fatiga. Se han propuesto varias teorías que brindan predicciones acerca del efecto del esfuerzo físico sobre el rendimiento cognitivo y la toma de decisiones. En especial, la teoría de utilización de señales de Easterbrook (1959) se desarrolló para explicar la manera en que las variaciones en el esfuerzo físico producen cambios en los procesos de atención. Con niveles de esfuerzo bajos, el rendimiento cognitivo puede ser pobre debido a que el individuo presta atención a ambas señales, las relevantes e irrelevantes. Al incrementarse los niveles de esfuerzo, la atención disminuye hasta llegar al nivel en que se dirige sólo hacia la información relevante para la actividad. Si las exigencias físicas continúan aumentando más allá del nivel óptimo del individuo, la capacidad de concentrarse en los estímulos relevantes de la actividad puede verse restringida provocando que se deteriore el desempeño cognitivo. Tomporowski (2003) presentó una descripción general detallada de estudios que examinaron los efectos del ejercicio sobre la función cognitiva. La principal conclusión a la que se llegó fue que el ejercicio submáximo dio como resultado una mejora en las actividades cognitivas tales como el tiempo de reacción y la memoria, mientras que, las actividades que incluyeron series de ejercicios que llevaban al agotamiento voluntario no dieron como resultado ninguna mejora significativa en el rendimiento cognitivo. De interés específico fue la sugerencia realizada por Tomporowski en donde establecía que las actividades de ejercicio máximo que requirieron de la capacidad de toma de decisión por lo general tuvieron como resultado tiempos de respuesta más rápido pero sin cambios en los índices de error de los participantes. Ninguno de los estudios a los que se refiere Tomporowski estudiaron de manera específica el efecto de la fatiga sobre el rendimiento en las actividades de discriminación de la velocidad.

Se han llevado a cabo muchos estudios enfocados a determinar los efectos de la fatiga sobre procesamiento cognitivo de los atletas involucrados en deportes específicos. McMorris y Graydon (1997) hallaron que el rendimiento cognitivo de los jugadores de fútbol experimentados al realizar ejercicios de intensidad moderada y máxima fue significativamente mejor que su rendimiento cognitivo durante el descanso. No obstante, los resultados con respecto al equilibrio velocidad-precisión indicaron que la mejora en el rendimiento de los jugadores se debió a una toma de decisiones más rápida y no a una mayor precisión, la cual no se vio afectada de manera significativa por el ejercicio. Chmura et al (2002) evaluaron a 22 jugadores de fútbol de la liga de la Tercera División de Polonia durante la realización de un protocolo de ejercicio en cicloergómetro con cargas progresivas y reportaron mejoras en las capacidades de reacción y elección en cada punto de evaluación de 3 minutos, excepto en la evaluación final que se encontraba en o cerca de la carga de trabajo máxima de ejercicio. Zwierko et al. (2008) utilizaron una actividad de carrera anaeróbica, que incluyó a 18 jugadores de handbol masculino de la 2ª División Polaca, como protocolo físico para la evaluación de las capacidades de percepción periférica. Los jugadores mejoraron tanto en el tiempo de reacción como en las reacciones correctas después del esfuerzo físico, pero también tuvieron una mayor cantidad de reacciones incorrectas. Estos hallazgos señalan que la variación sustancial está en las respuestas perceptuales-cognitivas de los atletas tras la finalización de un protocolo de ejercicio. En parte, esto se debe al tipo de protocolo, el nivel de fatiga inducida y la naturaleza específica de la actividad perceptual-cognitiva que los investigadores eligen para evaluar las capacidades de los atletas.

El presente estudio incluyó la evaluación de la velocidad y la precisión de la toma de decisiones de los atletas en relación con la velocidad de un objeto en movimiento a lo largo del eje sagital antes y después de finalizar una prueba progresiva de ejercicio en cinta ergométrica. En particular, se ha evaluado si los atletas, tras la finalización de una actividad aeróbica máxima, toman decisiones con más rapidez a expensas de la precisión o priorizan la precisión a expensas de la velocidad. Un segundo propósito de este estudio ha sido examinar las diferencias en las capacidades de discriminación de la velocidad pre y post fatiga entre jugadores experimentados de básquetbol, voleibol y fútbol.

MÉTODOS

Participantes

Un total de 163 hombres, entre 16 y 37 años de edad ($M = 21.17$, $DE = 4.18$), participaron en el estudio como componente de la evaluación médica de rutina asociada a la inscripción anual como competidores en los Campeonatos Deportivos Nacionales de Estonia. Los participantes del estudio eran jugadores de la liga nacional de fútbol ($n = 79$), baloncesto ($n = 63$) y voleibol ($n = 21$) de Estonia. Todos los participantes dieron su consentimiento para participar en las pruebas junto

con una evaluación médica. No se utilizaron incentivos monetarios ni de ningún tipo para motivar a los participantes. Todos los participantes tenían una visión normal o corregida a normal. No se clasificó a los participantes según su rendimiento en el estudio y éstos pudieron acceder a sus resultados individuales bajo pedido. El permiso para involucrarse en la investigación lo otorgó el Comité de Ética de la Universidad de Tallin y la totalidad de los datos quedó sólo a disposición de los investigadores.

Equipamiento

Los participantes se ejercitaron en una cinta ergométrica h/p/cosmos pulsar TM 3P 4.0 (Cosmos Sports & Medical Ltd., Nussdorf-Traunstein, Alemania) y para medir el consumo de oxígeno pico ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) se utilizó un analizador de la función pulmonar Cosmed Quark CPET (Cosmed Corporation, Roma, Italia, 2000). Los estímulos de discriminación de la velocidad fueron imágenes de figuras cuadradas de color rojo sobre un fondo gris que se movían por el eje sagital a cuatro velocidades virtuales diferentes en la pantalla de una computadora (PC) que representaba el plano frontal (Tabla 1). La velocidad angular de los estímulos se determinó en base al tamaño de la pantalla de la computadora, la distancia de la pantalla a la que el participante se encontraba sentado, y mediante el ajuste del máximo tiempo de exposición de la imagen. A los participantes se los sentó a una distancia de visión de 50 cm de la pantalla de la computadora. Un elemento clave de la estimulación consiste en que las dimensiones del cuadrado cambian de 0 hasta 130 píxeles de cada lado durante el estímulo presentado (Thomson, 2001; Stamm et al., 2005). En este experimento, los estímulos se generaron utilizando un procesador PC P4 1.6 GHz y un monitor de pantalla plana DELL UltraScan P791 17").

Tabla 1. Parámetros de los estímulos.

Respuesta del teclado esperada	Máximo(s) tiempo(s) de exposición	Velocidades Angulares (rad/s)
Tecla Shift derecha (Rápida)	0.65	0.39
Tecla Shift izquierda (Lenta 1)	1.04	0.24
Tecla Shift izquierda (Lenta 2)	1.55	0.16
Tecla Shift izquierda (Lenta 3)	2.06	0.12

Tabla 2. Valores medios (desviaciones estándar) y valores de F para el total de la muestra pre y post-fatiga.

Variables	Pre-fatiga	Post-fatiga	Valor de F (p)
Tiempo(s) de la toma de decisión	0.59 (0.09)	0.56 (0.08)	29.931 (<.001)
Precisión de la toma de decisión (errores)	1.10 (1.07)	1.80 (1.30)	45.498 (<.001)

La resolución de la pantalla se estableció en 640 x 480 píxeles y la frecuencia de refresco de imagen en 85 Hz. Para evitar efectos posteriores del movimiento de los estímulos visualizados, es necesario tener un intervalo inter-estímulo de al menos 1000 ms (Lakshminarayanan et al., 2005). En el presente experimento, el intervalo inter-estímulo varió al azar entre 1000 y 3000 ms.

Procedimientos

Test en Cinta Ergométrica

El test en cinta ergométrica comenzó con una carrera de entrada en calor de 10 minutos a una velocidad de 2m/s. La inclinación de la cinta se estableció en cero grados. La duración de las etapas fue de 3 min y la velocidad se incrementó en 0.5 m/s (desde una velocidad inicial de 2.5 m/s). El test se llevó a cabo hasta el agotamiento volitivo. El agotamiento se determinó como una meseta en el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ de los participantes a pesar del incremento en la carga de trabajo, un índice del intercambio respiratorio mayor a 1,15, o cuando los participantes informaban que no podían continuar con la prueba. El tiempo promedio para llegar al agotamiento durante el test progresivo de ejercicio de toda la muestra fue de 26:50 min., 29:34 min. para el grupo de fútbol, 24:14 min. para el grupo de baloncesto y 24:24 min. para el grupo de voleibol.

Discriminación de la velocidad

La capacidad de discriminación de la velocidad se evaluó 1 min. antes y después del test en cinta ergométrica. A los participantes se les sentó y se les pidió que comenzaran el módulo de demostración de discriminación de la velocidad antes de comenzar con el módulo de evaluación. Durante el módulo de demostración, a los participantes se les mostraron tres ejemplos de cada una de las cuatro velocidades. Cada velocidad se presentó en un orden aleatorio y en el módulo de demostración se les dio a los participantes la información precisa con respecto a cuál era la tecla “Shift” correcta del teclado de la PC para presionar (*shift izquierdo* - velocidades lentas; *shift derecho* - velocidades rápidas) para el estímulo en curso (Tabla 1). La respuesta a las cuatro velocidades, que incluyó tres velocidades diferentes categorizadas como lentas y sólo una como rápida, se realiza sobre la base de que al simplificar las exigencias de la respuesta en la utilización de sólo dos teclas se enfoca mejor el objetivo de la prueba en evaluar el desempeño perceptual más que las capacidades de memoria asociadas con la codificación y la recuperación de la información de las exigencias de la actividad. En el módulo de evaluación los participantes completaron la actividad utilizando la misma presentación del estímulo y los métodos de respuesta que en el módulo de demostración pero sin la reacción referida a las respuestas correctas. A los participantes se les pidió identificar las velocidades del estímulo con tanta rapidez y precisión como fuera posible y presionar la tecla “Shift” que correspondía a su decisión. Durante la presentación de la fase de estímulos, los estímulos subsecuentes no se presentaron hasta que el participante dio una respuesta en el teclado para el estímulo en curso. Se completaron dos intentos de práctica que no se registraron para brindarles a los participantes una oportunidad adecuada de familiarizarse con la actividad, por lo que la tercera, y única presentación registrada del módulo de evaluación, evaluó la capacidad de discriminación de la velocidad más que el aprendizaje. El tiempo de la toma de decisiones se calculó como tiempo de respuesta promedio para identificar los estímulos. La precisión en la toma de decisiones se definió como la cantidad total de errores realizados en la identificación de los estímulos.

Análisis Estadísticos

Todos los procedimientos estadísticos se completaron utilizando SPSS (Versión 16.0, SPSS Inc. Oficina Central, Chicago, IL). Se calcularon los valores medios y las desviaciones estándar como estadística descriptiva para todas las variables dependientes y los grupos. Para analizar las diferencias generales de los grupos y entre deportes respecto de las puntuaciones de tiempo y precisión de la toma de decisiones pre- y post-fatiga, se utilizó el análisis de varianza multivariado para medidas repetidas (MANOVA). Para todos los procedimientos estadísticos se utilizó un nivel alfa preprogramado de $\alpha = 0.05$. Los efectos principales significativos fueron analizados nuevamente realizando comparaciones *post hoc* entre los grupos de deportes utilizando el test de Bonferroni de nivel de significancia corregido.

RESULTADOS

Se presentan los valores medios y las desviaciones estándar para cada variable dependiente para toda la muestra (Tabla 2) y para cada grupo de deporte (Tabla 3). El análisis MANOVA para medidas repetidas repetidas reveló un efecto principal significativo para el factor de tiempo de la toma de decisiones, Λ de Wilks = 0.84, $F_{(1, 160)} = 29.931$, $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.16$. Un segundo análisis MANOVA reveló un efecto principal significativo para el factor de precisión de la toma de decisiones, Λ de Wilks = 0.78, $F_{(1, 160)} = 45.498$, $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.22$. El análisis de varianza (ANOVA) se llevó a cabo según cada variable dependiente como una prueba de continuidad para el MANOVA y los resultados mostraron sólo una diferencia significativa entre grupos para la precisión de la toma de decisiones. Para controlar el error tipo 1, cada seguimiento de ANOVA fue evaluado a un nivel alfa de 0.017 (0.05 dividido por el número de grupos) utilizando el procedimiento tradicional de Bonferroni. Los análisis *post hoc* de los análisis ANOVA consistieron en realizar comparaciones apareadas para hallar diferencias entre los grupos de deportes en la precisión de la toma de decisiones. Los participantes del grupo de fútbol exhibieron una cantidad de errores significativamente más baja que el grupo de baloncesto ($p = 0.015$) en la precisión de la toma de decisiones pre- y post-fatiga.

Tabla 3. Valores medios (desviaciones estándar) y ANOVA para los grupos de deportes pre y post-fatiga.

Variable	Grupo Deportivo			ANOVA	
	Fútbol (n = 79)	Baloncesto (n = 63)	Voleibol (n = 21)	Valor de F	p
Tiempo de toma de decisión (Pre) (s)	0.58 (0.09)	0.60 (0.09)	0.59 (0.10)	1.300	0.275
Tiempo de toma de decisión (Post) (s)	0.55 (0.08)	0.57 (0.09)	0.55 (0.07)		
Precisión de toma de decisión (Pre) (errores)	1.10 (1.10)	1.3 (1.05)	0.90 (0.96)	4.297	0.015
Precisión de toma de decisión (Post) (errores)	1.50 (1.20)	2.2 (1.30)	1.8 (1.53)		

DISCUSION

En el presente estudio se ha investigado el efecto de la fatiga, inducida mediante la utilización de una prueba progresiva de ejercicio, sobre las capacidades de discriminación de la velocidad en los atletas de nivel de elite que participan en juegos de balón. La discriminación de la velocidad se evaluó en base al tiempo de toma de decisiones y el índice de error en relación con la velocidad de la imagen de un cuadrado generada por una computadora moviéndose sobre el eje sagital. Los resultados mostraron que el tiempo de la toma de decisiones de los atletas disminuyó y los errores en la toma de decisiones se incrementaron luego de una actividad aeróbica máxima. La comparación de las capacidades de discriminación de la velocidad pre y post fatiga de jugadores experimentados de baloncesto, voleibol y fútbol indicó que la única diferencia significativa se produjo en la de la precisión en la toma de decisiones entre los grupos de fútbol y baloncesto.

Los presentes hallazgos demostraron con claridad que los atletas tomaron decisiones con más rapidez a expensas de la precisión cuando estuvieron fatigados. Sólo uno de los estudios previos analizados, que involucra atletas que llevaron a cabo actividades de resistencia hasta el agotamiento, reportó un incremento en los errores de reacción y elección y un incremento consecuente del tiempo de reacción. Las disminuciones en el rendimiento psicomotor de la muestra de los jugadores de fútbol sucedieron sólo durante la última fase de la actividad de rendimiento máximo (Chmura et al., 2002). Zwierko et al. (2008) también observaron un incremento en los errores cometidos por los jugadores de handbol cuando se sintieron agotados, asimismo hubo un incremento consecuente en las reacciones correctas y mejoras en la velocidad de respuesta. Estos hallazgos contrastan con los resultados de McMorris y Graydon (1997), quienes hallaron que la velocidad en la toma de decisiones de los jugadores de fútbol mejoró luego de la realización de ejercicio de intensidad máxima, sin exhibir una correspondiente desmejora en la precisión. Las revisiones de Brisswalter et al. (2002) y Tomporowski (2003) respaldan la noción de que luego de la realización de ejercicios aeróbico de intensidad moderada en estado estable, la velocidad de las respuestas cognitivas se incrementa mientras que el índice de error permanece inalterado; sin embargo, estos autores concluyeron que el patrón es poco claro cuando la intensidad del ejercicio es máxima. Además, Royal et al. (2006) señalaron que la especificidad de la actividad puede afectar la precisión de las respuestas. Las actividades que tienen una importancia mayor para un atleta, en lugar de aquellas representativas del procesamiento de información general, pueden proporcionar una base para un mejor enfoque de la atención o del control de alerta en el rendimiento cognitivo en los niveles más elevados de esfuerzo físico. En el presente estudio, la actividad de discriminación de la velocidad no ha estado relacionada con el deporte y fue novedosa para los participantes. Por consiguiente, en el nivel máximo de producción aeróbica los atletas pudieron haber completado la actividad con rapidez pero no pudieron demostrar los recursos de procesamiento necesarios para responder los puntos con una mejor precisión. Este resultado también sigue la línea de la teoría de utilización de señales (Easterbrook, 1959), por medio de la cual los atletas en un estado de alto nivel de fatiga pudieron completar la actividad de discriminación de la velocidad con rapidez pero no pudieron atender con éxito a las señales necesarias para tomar decisiones con tanta precisión como cuando no estaban en estado de fatiga.

Los resultados de la comparación de las capacidades de discriminación de la velocidad de los atletas que participan en juegos de balón sólo mostraron que la cantidad de errores en la toma de decisión de los grupos de fútbol y voleibol fueron significativamente diferentes tras la prueba de ejercicio. Por el momento, parece no haber investigaciones que hayan contrastado las capacidades cognitivas de los atletas de nivel de elite agrupados de acuerdo a su deporte antes y después de una prueba máxima de ejercicio hasta el agotamiento. Sin embargo, varios estudios de grupos de deportes se han encargado de las comparaciones perceptuales-cognitivas sin utilizar protocolos de ejercicio. Kioumourtzoglou et al. (1998) reportaron diferencias en el tiempo de reacción y elección, en atletas expertos que participaban en deportes de balón, siendo los jugadores de voleibol lo que reaccionaron más rápidamente y los jugadores de básquetbol los que mayor número de respuestas correctas registraron. Overney et al. (2008) hallaron que los jugadores de tenis tenían mejores capacidades

de discriminación de la velocidad que los triatletas. Aunque ambos estudios demostraron que existen diferencias en las capacidades perceptuales-cognitivas entre los atletas de diferentes deportes, no se realizaron conclusiones específicas en cuanto a los fundamentos de las variaciones observadas. En relación a los presentes hallazgos, una posible razón para la menor cantidad de errores cometidos por los jugadores de fútbol en el estado post fatiga, puede ser que las exigencias del fútbol para el rendimiento físico pueden estar más estrechamente relacionadas con las exigencias físicas del protocolo de ejercicio. Tras la finalización del protocolo de ejercicio hasta el agotamiento, los jugadores de fútbol pudieron recuperarse con mayor rapidez y por lo tanto conservar el suficiente procesamiento cognitivo para completar la actividad de discriminación de la velocidad con menos errores. Esto sigue la línea de la propuesta de Covassin et al. (2007) de que, al realizar ejercicios de intensidad máxima las diferencias en los índices de recuperación pueden llevar a diferencias en el desempeño neurocognitivo de los individuos en estado de fatiga.

En términos generales, el patrón de resultados hallados en este estudio refleja la posibilidad de que las exigencias fisiológicas de una actividad física aumentan hasta las capacidades máximas del individuo, entonces la capacidad de mantener un foco de atención óptimo en una actividad cognitiva llevada a cabo de manera simultánea disminuye (Brisswalter et al., 1997). Además, las mejores capacidades de discriminación de la velocidad post-fatiga en el grupo de jugadores de fútbol pueden demostrar una adaptación a las exigencias de mantener foco de atención en los elementos cognitivos de su deporte a la vez que completan cargas de trabajo físico mayores que los grupos de jugadores de básquetbol y voleibol. Esto sigue la línea de las ideas generales de Williams y Ford (2008), que proponen que como resultado del entrenamiento y la práctica a largo plazo, los atletas se adaptan a las restricciones específicas del entorno de la práctica. En el caso de los hallazgos del presente estudio, se podría sugerir que el grupo de jugadores de fútbol, como resultado de las exigencias perceptuales-cognitivas y físicas de su deporte, demostraron una adaptación que resultó ventajosa para finalizar la actividad de discriminación de la velocidad luego de realizar ejercicios de intensidad máxima.

El presente estudio tuvo su limitación en cuanto al acceso restringido de los participantes. La fase de recopilación de la información se completó junto con la evaluación médica general de los atletas requerida para la inscripción de los jugadores y no fue posible organizar las evaluaciones post-prueba (por ejemplo, 15 min. o 30 min. después de la finalización). También se pudieron haber logrado datos más comparativos mediante la utilización de un grupo de control y la evaluación de capacidades de discriminación de la velocidad en varios puntos durante el protocolo de ejercicio (por ejemplo al 25%, 50% y 75% de carga máxima de trabajo). Por último, el análisis de la capacidad de discriminación de la velocidad entre los grupos de deportes puede haberse beneficiado por los contrastes en base al tiempo de duración real de los atletas para alcanzar la intensidad máxima de ejercicio.

En el futuro deberían llevarse a cabo estudios que incluyan atletas de diferentes deportes con exigencias aeróbicas o anaeróbicas similares. La utilidad de un estudio de niveles múltiples de la capacidad de discriminación de la velocidad con atletas que se ejerciten a diferentes niveles de intensidad y que incorpore un grupo de control, varios grupos de deportes con altos requerimientos aeróbicos y varios grupos de deportes con altos requerimientos anaeróbicos podría proveer un análisis más minucioso de los contrastes y similitudes de la rapidez y precisión para la toma de decisiones en atletas de elite durante el ejercicio. La información resultante puede proporcionar datos valiosos y útiles para que los entrenadores y preparadores físicos tengan en cuenta en relación a los entornos de competencia y entrenamiento y a la manera en que los jugadores responden a las exigencias cognitivas de su deporte durante períodos de altas cargas de trabajo físico.

CONCLUSION

Estos hallazgos del presente estudio mostraron que en el caso de los atletas de nivel elite que participan en deportes de balón, la velocidad y la precisión de la toma de decisiones durante una actividad perceptual-cognitiva llevada a cabo en una computadora desmejoró luego de realizar ejercicios de intensidad máxima. Estudios previos que incluyeron actividades similares relacionadas con la cognición en general han reportado mejoras en la velocidad de la toma de decisiones pero no informaron cambios en la precisión en intensidades submáximas de trabajo, no obstante los hallazgos son menos claros cuando la prueba incorporó un protocolo de $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Además, las diferencias significativas post-fatiga entre jugadores a nivel nacional que participan en fútbol, básquetbol y voleibol sólo se hallaron en relación con la precisión en la toma de decisiones. La constante investigación de las capacidades de discriminación de la velocidad de los atletas con diversas intensidades de ejercicio servirá para contribuir a aclarar el patrón exacto de las respuestas cognitivas de los atletas cuando experimentan fatiga. Los entrenadores y preparadores involucrados en deportes de juego con balón pueden beneficiarse de esta información al procurar administrar los niveles de carga de trabajo con el fin de optimizar tanto el desempeño físico como el cognitivo.

Puntos Clave

- El propósito de este estudio ha sido examinar las diferencias en las capacidades de discriminación de la velocidad pre y post fatiga de los atletas de elite que participan en deportes de balón para determinar si priorizan la precisión o la velocidad de la toma de decisiones cuando se encuentran físicamente exhaustos.
- Los estímulos de discriminación de la velocidad eran imágenes de figuras cuadradas de color rojo sobre un fondo gris que se movían por un eje sagital a cuatro velocidades virtuales diferentes en la pantalla de una computadora (PC) que representaba el plano frontal.
- Los participantes se ejercitaron en una cinta ergométrica a un nivel del 100% de consumo de oxígeno pico ($\text{VO}_{2\text{máx}}$).
- El análisis MANOVA para medidas repetidas reveló efectos principales significativos para los factores de tiempo y precisión de la toma de decisiones. Los presentes hallazgos demostraron con claridad que los atletas tomaron decisiones con más rapidez pero con más errores cuando estuvieron fatigados.
- Los análisis *post-hoc* de las diferencias entre los grupos de deportes de balón indicaron que los participantes del grupo de jugadores fútbol exhibieron una cantidad de errores significativamente más baja que el grupo de jugadores de básquetbol ($p = 0.015$) en la precisión de la toma de decisiones pre y post fatiga.
- Es necesario que se realicen más investigaciones con el fin de clarificar el conjunto equívoco de hallazgos previos con respecto a la relación entre la función cognitiva de los atletas con diversas intensidades de ejercicio.

REFERENCIAS

1. Aune T.K, Ingvaldsen R.P. and Ettema G.J (2008). Effect of physical fatigue on motor control at different skill levels. *Perceptual and Motor Skills* 106, 371-386
2. Brisswalter, J., Collardeau, N. and Arcelin, R (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine* 32, 555-566
3. Chmura, J., Nazar, K., Kaciuba-Usilko, H. and Pilis, W (2002). The changes in psychomotor performance during progressive endurance exercise. *Journal of Human Kinetics* 7, 3-10
4. Clifford, C.W., Beardsley, S.A. and Vaina, L.M (1999). The perception and discrimination of speed in complex motion. *Vision Research* 39, 2213-2227
5. Covassin, T., Weiss, L., Powell, J. and Womack, C (2007). Effects of a maximal exercise test on neurocognitive function. *British Journal of Sports Medicine* 41, 370-374
6. Easterbrook, J.A (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review* 66, 183-201
7. Huang, X., Lu, H., Zhou, Y., and Liu, Z (2008). Perceptual learning in speed discrimination of radial motion. *Journal of Vision* 8(6), 1125a
8. Jackson R.C., Warren, S. and Abernethy, B (2006). Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement. *Acta Psychologica* 123, 355-371
9. Kioumourtoglou, E., Kourtessis, T., Michalopoulou, M. and Derri, V (1998). Differences in several perceptual abilities between experts and novices in basketball, volleyball and water-polo. *Perceptual and Motor Skills* 86, 899-912
10. Lakshminarayanan, V., Raghuram, A., and Khanna, R (2005). Psychophysical estimation of speed discrimination. I. Methodology. *Journal of the Optical Society of America. A Optics, Image Science, and Vision* 22, 2262-2268
11. McMorris, T. and Graydon, J (1997). The effect of exercise on cognitive performance in a soccer-specific tests. *Journal of Sports Sciences* 15, 459-468
12. Overney, L.S., Blanke, O. and Herzog, M.H (2008). Enhanced temporal but not attentional processing in expert tennis players. *PLoS ONE* 3(6), 1-9
13. Royal, K., Farrow, D., Mujika, I., Halson, S.L., Pyne, D. and Abernethy, B (2006). The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. *Journal of Sport Sciences* 24(8), 807-815
14. Stamm R., Stamm M. and Thomson K (2005). Role of adolescent female volleyball players' psychophysiological properties and body build in performance of different elements of the game. *Perceptual and Motor Skills* 101, 108-120
15. Thomson, K (2001). Example of application on 'WinPsycho 2000'. *FEPSAC Bulletin* 13(1), 4-7
16. Tomporowski, P.D (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica* 112, 297-324
17. Williams, A.M., Hodges, N.J., North, J.S. and Barton, G (2006). Perceiving patterns of play in dynamic sport tasks: Investigating the essential information underlying skilled performance. *Perception* 35, 317-332
18. Williams, A.M. and Ford, P.R (2008). Expertise and expert performance in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology* 1(1), 4-18
19. Zwierko, T., Glowacki, T. and Osinski W (2008). Effect of specific anaerobic exercises on peripheral perception in handball players. *Kinesiology Slovenica* 14, 1, 68-76

Cita Original

Kaivo Thomson, Anthony Watt and Jarmo Liukkonen. Differences in Ball Sports Athletes Speed Discrimination Skills Before and After Exercise Induced Fatigue. *Journal of Sports Science and Medicine* (2009) 8, 259 - 264.