



DEMANDAS FISIOLÓGICAS DEL FUTBOL AMERICANO

Jay R. Hoffman, Ph.D., FNSCA, FACSM | Instituto de Fisiología del Ejercicio y Bienestar | Universidad Central de Florida | Estados Unidos de América

PUNTOS CLAVE

- La fuerza, potencia y rapidez pueden diferenciar a los titulares de los suplentes, y entre varios niveles de competencia.
- Durante un partido de futbol americano, la tasa de desarrollo de fuerza parece mantenerse, pero la fuerza y potencia máximas pueden verse reducidas. Con una adecuada recuperación y patrones de sustitución estratégicos, la fuerza máxima y la potencia se pueden mantener durante un juego.
- Se han observado algunos incrementos en los marcadores de daño muscular inmediatamente después del juego, pero con mínima afección del eje adrenal testicular.
- Los marcadores de daño muscular están elevados durante los campamentos de entrenamiento de pretemporada, pero regresan a concentraciones basales al principio de la temporada y se mantienen en niveles basales hasta que termina la temporada. Esto representa cierto grado de desensibilización al contacto y se ha denominado "adaptación al contacto".
- Esta adaptación al contacto puede aportar un mecanismo para que el jugador sobrelleve el castigo físico asociado con el juego del futbol americano.
- El grado de mejoría en el rendimiento se reduce durante el curso de la carrera de un jugador colegial de futbol americano. Las mejorías en fuerza aparecen más rápidamente, pero las mejorías en rapidez y agilidad pueden tomar más tiempo para llevarse a cabo.

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos físicos para jugar el futbol americano se han documentado durante los últimos 25 años, demostrando la importancia de la fuerza, potencia y rapidez en diferentes niveles de competencia (Berg et al., 1990; Black & Roundy, 1994; Fry & Kraemer, 1991; Garstecki et al., 2004; Kraemer & Gotshalk, 2000). Las investigaciones han mostrado que la fuerza, potencia y rapidez pueden diferenciar a titulares y suplentes, y se puede ser capaz de diferenciar a los atletas de diferentes niveles de competencia (Berg et al., 1990; Fry & Kraemer, 1991; Kraemer & Gotshalk, 2000). Esto ha aportado información a los entrenadores en el tipo de atleta que deben reclutar, y ha aportado un ímpetu en los científicos del deporte en examinar varios tipos de paradigmas de entrenamiento y su efecto potencial en mejorar la fuerza, potencia y rapidez para el rendimiento en los atletas de futbol americano (Hoffman et al., 2004a; 2005a; 2009). De manera interesante, las mejorías en el rendimiento físico de los jugadores de futbol americano colegial parece que ocurren en la parte inicial de su carrera deportiva (Hoffman et al., 2011; Miller et al., 2002) y las mejorías subsecuentes en el rendimiento son al parecer, más difíciles de lograr. Esto sugiere la importancia de una apropiada selección o reclutamiento, ya que la habilidad de los programas de entrenamiento para alterar la habilidad física de los atletas puede ser limitada.

DESCRIPCIÓN Y DEMANDAS FISIOLÓGICAS DEL FUTBOL AMERICANO

La investigación en la fisiología del futbol americano como deporte es muy limitada comparada con los trabajos de desarrollo de fuerza, potencia o rapidez. Esto está relacionado con la separación entre la ciencia del deporte y los programas atléticos universitarios dentro de los Estados Unidos de América, y la falta de entendimiento de las contribuciones potenciales que la ciencia del deporte tiene en el futbol americano. De tal forma, sólo ha habido intentos limitados para examinar los estresores fisiológicos de un juego o una temporada competitiva. Por lo tanto, la

mayoría del conocimiento de los requerimientos fisiológicos para el juego está basado en evaluaciones empíricas del deporte.

El juego del futbol americano se comprende principalmente de series de ejercicios repetidas, cortas y de máxima intensidad. El juego consiste en cuatro cuartos de 12-15 minutos con un medio tiempo de 12-20 minutos, dependiendo de la liga y el nivel. Hay 11 jugadores por equipo en el campo al mismo tiempo. Los jugadores participan en ofensa o defensa, pero raramente un jugador puede tener participación tanto en ofensa como en defensa, especialmente en altos niveles de competencia (por ejemplo, colegial o profesional). Cada posición de juego tiene responsabilidades específicas en el campo que pueden alterar las demandas físicas experimentadas por cada jugador. Sin embargo, los sistemas de energía predominantes durante el juego para todos los jugadores, sin importar su posición en el campo de juego, son los sistemas anaeróbicos (Hoffman, 2008; Kraemer & Gotshalk, 2000). A pesar de que la investigación que evalúa las respuestas fisiológicas de los jugadores durante un juego de futbol americano es limitada (por ejemplo, no se conocen estudios que hayan evaluado los cambios metabólicos o cardiovasculares en un juego), la expectativa de los jugadores para dar el 100% de su esfuerzo en cada jugada, sin importar su posición y la corta duración de cada jugada, sugiere que el principal aporte de energía durante una jugada específica se basa principalmente en los sistemas de energía de fosfágenos y glucolítico anaeróbico. La intensidad y duración necesarias en ciertas jugadas indudablemente también tienen demandas sobre el sistema aeróbico, como lo hacen jugadas repetidas con periodos cortos de descanso, pero esto no se ha documentado en el futbol americano. Se cree que las necesidades físicas de cada posición pueden diferir, ya que el liniero puede tener potencialmente más contacto que los jugadores con posiciones de habilidad (es decir, alas abiertas o corredores). Durante cada jugada, los linieros tienen una asignación específica de bloqueo, mientras que los jugadores de posiciones habilidosas generalmente evitan el contacto. Sin embargo, cuando los jugadores de posición habilidosa realizan contacto,

el impacto potencial puede ser mucho mayor que el de los linieros, ya que el impacto se realiza a una mayor velocidad de movimiento. Esto es apoyado por Funk y colaboradores (2012) que reportaron que los linieros tienen un mayor número de impactos en la cabeza, pero los jugadores de posición habilidosa tienen una mayor incidencia de impactos severos en la cabeza como reflejo de una mayor aceleración en el momento del impacto.

Las sustituciones de los jugadores son ilimitadas, por lo que los jugadores pueden ser cambiados en cada jugada. De esta forma, los entrenadores pueden colocar en el campo a los jugadores que brinden la mejor oportunidad de alcanzar el éxito en ciertas jugadas. Por ejemplo, un entrenador ofensivo puede decidir que quiere de forma predominante lanzar el balón y por lo tanto pone receptores extra en lugar de un corredor. Para contrarrestar esta sustitución, el entrenador defensivo puede sustituir otro jugador de perímetro por algún liniero defensivo o un apoyador. La única regla sobre los jugadores es que la ofensiva requiere al menos cinco linieros ofensivos en el campo y un total de siete jugadores se tienen que alinear en la línea de golpeo (donde se coloca el balón). Los otros cuatro jugadores se pueden alinear donde sea por detrás de la línea de golpeo, pero no tienen permitido alinearse sobre ella. No se permite a los linieros ofensivos atrapar el balón o pasar la línea de golpeo hasta que el balón cruce la línea. En contraste, los jugadores defensivos tienen permitido alinearse en cualquier lugar en el campo.

Como se mencionó, hay 11 jugadores por equipo en el campo de juego en cualquier momento. El equipo ofensivo consta de cinco linieros (dos tackles, dos guardias y un centro). Estos son generalmente los jugadores más grandes y cuya principal responsabilidad es proteger al mariscal de campo cuando lanza el balón o bloquear a los corredores conforme acarrean el balón. Además, la ofensiva consta generalmente de un mariscal de campo, cuya responsabilidad es mandar las jugadas, lanzar o correr con el balón, uno o dos corredores quienes principalmente tienen como responsabilidad correr con el balón, atrapar el balón y bloquear; y tres o cuatro receptores de quienes la responsabilidad es de atrapar el balón cuando es lanzado y bloquear durante las jugadas de carrera. Uno de los receptores puede ser un ala cerrada, quien se alinea junto a uno de los tackles (de aquí el término "cerrado") y es generalmente un jugador grande quien tiene más responsabilidad de bloqueo que los otros receptores. Los otros receptores generalmente se alinean lejos de los linieros y se les llama receptores "abiertos". Del lado defensivo del balón, la composición del equipo puede variar dependiendo de los esquemas del entrenador o en respuesta a un patrón de sustitución de la ofensiva.

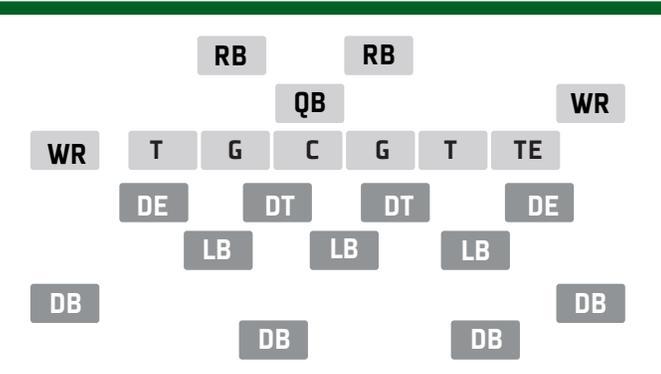


Figura 1. Formación básica de los jugadores ofensivos y defensivos. RB-Running Back (Corredor); QB-Quarter Back (Mariscal de campo); WR-Wide Receiver (Receptor); T-Tackle (Tackle); G-Guard (Guardia); C-Centro; TE-Tight End (Ala cerrada); DE-Defensive End (Ala Defensiva); L-Linebacker (Apoyador); DB-Defensive Back (Jugador de perímetro).

En general, la defensa consiste en una combinación de tres o cuatro linieros defensivos, tres o cuatro apoyadores y cuatro o cinco profundos. En la Figura 1 se muestra una formación ofensiva y una defensiva básicas. En contraste con otros deportes como el basquetbol, hockey y futbol soccer, el futbol americano no es continuo. El juego comprende una serie de jugadas. Si se tiene éxito, definido como la habilidad de ganar al menos 10 yardas en cuatro jugadas, la serie puede continuar. Si no, los equipos cambian de ofensiva a defensiva y de defensiva a ofensiva. El objetivo de los jugadores defensivos es evitar que la ofensiva avance el balón 10 yardas. Mientras más exitosa sea la defensiva alcanzando sus objetivos (es decir, deteniendo a la ofensiva), más rápido saldrán del campo y tendrán mayor potencial para descansar y recuperarse. El objetivo final de la ofensiva es anotar un touchdown (realizar una anotación) o patear un gol de campo. Esto puede suceder en una sola jugada o después de una serie larga de jugadas. En una evaluación de la NCAA (Asociación Nacional de los Estados Unidos que rige las competencias deportivas interuniversitarias) de una temporada de futbol americano de la División III, se encontró un promedio de 14.4 series ofensivas por equipo por juego con un promedio de 4.6 jugadas por serie (Hoffman, 2014). Esto parece ser ligeramente mayor que el número de series promedio reportadas en juegos de la Liga Nacional de Futbol Americano (NFL, por sus siglas en inglés) (Plisk & Gambetta, 1997). Sin embargo, los equipos de la NFL en promedio corren aproximadamente una jugada más por serie que lo visto en los equipos colegiales de futbol americano (entre 5.3-5.6 jugadas por serie). La duración de cada jugada puede variar de 1.9-12.9 segundos con un promedio de duración de jugada de 5.5 segundos en el futbol americano colegial (Kraemer & Gotshalk, 2000). La duración de la jugada en la NFL parece ser ligeramente menor, con un promedio reportado de 5.0 segundos (Plisk & Gambetta, 1997). El tiempo entre jugadas depende del momento en que el árbitro coloque el balón y suene el silbato para que el reloj de jugada inicie. Una vez que suena el silbato, cada equipo tiene un máximo de 25 segundos para iniciar la siguiente jugada. Sin embargo, la estrategia de algunos equipos es colocarse en la línea rápidamente y lanzar el balón (es decir, iniciar la jugada) con un tiempo menor de descanso y buscando cansar al oponente o evitar que haga sustituciones por jugadores descansados. Por lo tanto, el intervalo de descanso entre cada jugada puede variar de algunos segundos a un máximo de 25 segundos de duración. En algunos reportes, el promedio de tiempo entre jugadas en un juego de futbol americano colegial es de 32.7 segundos (Kraemer & Gotshalk, 2000), mientras que el intervalo promedio de descanso entre jugadas en la NFL ha sido reportado entre 26.9-36.4 segundos (Plisk & Gambetta, 1997). Sin embargo, estos estudios son de hace 15-17 años y con los cambios en la estrategia de juego, estos tiempos podrían ser considerados como una aproximación. La capacidad de determinar el tiempo promedio por jugada y de descanso entre jugadas permite una comprensión más precisa de las demandas fisiológicas del juego. De la misma forma aporta información importante para el desarrollo de la prescripción del ejercicio anaeróbico.

RESPUESTA FISIOLÓGICA AGUDA DURANTE UN JUEGO DE FUTBOL AMERICANO

Debido a los problemas logísticos obvios, los estudios que evalúan los cambios fisiológicos durante los juegos de futbol americano son muy limitados. Hoffman y colaboradores (2002) examinaron los cambios fisiológicos, hormonales y bioquímicos durante un partido de temporada de la División III de la NCAA. Se realizaron las comparaciones entre los titulares ($n=11$) y los novatos "de playera roja" ($n=10$, jugadores que estuvieron esperando un año de elegibilidad y que no participarían en el juego). Se calcularon la potencia máxima y fuerza máxima en un salto vertical realizado en una plataforma de fuerza, que se instaló en la banca del equipo. Las

evaluaciones se realizaron 10 minutos antes del “kickoff” (patada inicial) y al final del primer, segundo, tercer y cuarto cuartos. Además, se tomaron muestras de sangre 24 horas y 2.5 horas antes del juego y dentro de los 15 minutos después del partido. Los resultados no revelaron cambios significativos en la capacidad máxima de desarrollo de fuerza durante el juego. Sin embargo, se observaron reducciones significativas tanto en la fuerza máxima como en la potencia máxima al final del primer cuarto de juego. Estas variables del rendimiento continuaron declinando a través del segundo cuarto. Sin embargo, ambas regresaron a sus niveles basales al final del partido. Esto parece estar relacionado con la recuperación en aquellos jugadores que fueron sustituidos cerca del final del juego (el juego examinado en particular, se convirtió en una retirada hacia la segunda mitad, lo que permitió al cuerpo técnico hacer sustituciones libres). En un partido más reñido, los resultados podrían haber sido diferentes.

El análisis hormonal reveló que no había cambios significativos en las concentraciones de testosterona antes del juego, ni diferencias entre los titulares y los jugadores de “playera roja”. Sin embargo, se observaron incrementos significativos en el cortisol plasmático en los titulares y esta elevación fue significativamente mayor que en los jugadores de “playera roja”. Además, las concentraciones de mioglobina plasmática, un marcador de daño muscular, estuvieron significativamente elevadas al final del juego y fueron significativamente mayores en los titulares que en los jugadores de “playera roja. No se observaron los cambios que se pensaban en las concentraciones de creatin-quinasa, otro marcador de daño muscular. Las diferencias en las respuestas de la mioglobina y de la creatin-quinasa están relacionadas al tiempo de la toma de muestra. La mioglobina es una molécula más pequeña que la creatin-quinasa y se fuga del tejido dañado más rápidamente que la creatin-quinasa. Las concentraciones de mioglobina serán generalmente altas justo después del ejercicio, mientras que las elevaciones de la creatin-quinasa generalmente llegan al máximo dentro de las 24–48 horas después del ejercicio intenso. Por lo tanto, una muestra de sangre después del juego no aporta suficiente tiempo para capturar las elevaciones en la creatin-quinasa. Los resultados de este estudio sugieren que la tasa de desarrollo de fuerza se mantiene durante el transcurso del juego; sin embargo, con unos patrones de sustitución manejados estratégicamente, se pueden mantener la fuerza y potencia. De la misma forma, las respuestas bioquímicas y hormonales al juego indican cierta elevación en los marcadores de daño muscular y estrés.

Kraemer y colaboradores (2009) examinaron la respuesta bioquímica y endocrina aguda en jugadores de fútbol americano de la División I de la NCAA el día antes del juego, 18–20 h después del juego (un día después del juego) y 42–44 h después del juego (2 días después del juego). Se comparó a dieciséis jugadores titulares que participaron todo el partido con 12 jugadores que no jugaron. Se analizó creatin-quinasa, lactato deshidrogenasa, mioglobina, testosterona y cortisol en las muestras de sangre. Aquellos jugadores que participaron en el juego presentaron un incremento significativo en todos los marcadores de daño muscular (creatin-quinasa, mioglobina y lactato deshidrogenasa). Sin embargo, no se observaron cambios en las concentraciones de testosterona y cortisol, ni se encontraron diferencias entre los jugadores que participaron en el juego con aquellos que no. Estos resultados apoyan el trabajo reciente de Hoffman et al. (2002), el cual indica que un partido de fútbol americano puede causar una elevación de los marcadores de daño muscular; sin embargo, esto ocurre con una alteración mínima en el eje adrenal-testicular.

DEMANDAS FISIOLÓGICAS DE LA TEMPORADA DE FÚTBOL AMERICANO

Antes del inicio de una temporada de competencia, los jugadores se presentan al campamento de entrenamiento de pretemporada que puede durar, dependiendo del nivel de competencia, entre 3-6 semanas.

El entrenamiento de pretemporada está generalmente asociado con entrenamientos de alta intensidad (algunas veces dos sesiones por día) con un tiempo limitado para la recuperación. Los jugadores generalmente se presentan en buena condición, y aunque la fuerza y acondicionamiento son parte del campamento de entrenamiento, el enfoque principal del entrenamiento de pretemporada es instalar los esquemas ofensivos y defensivos que se ocuparán y que los jugadores compitan para ser titulares. Los cambios recientes en las reglas de la NCAA requieren que sus instituciones asociadas limiten el número de prácticas a dos por día debido al riesgo potencial de enfermedades asociadas al calor durante estos entrenamientos de alta intensidad que toman lugar en los meses de verano. Los cambios en las reglas recomiendan un incremento gradual en el uso del equipamiento (desde sólo cascos hasta equipamiento completo) y reducir el número de prácticas por día. Esto parece haber aportado un marco de tiempo suficiente a los jugadores para que se aclimatasen al calor del campamento de verano y mejoren su tolerancia al ejercicio en calor (Yeargin et al., 2006).

El estrés fisiológico asociado con el entrenamiento de pretemporada se ha estudiado sólo en algunas investigaciones. Un estudio que se publicó antes de que se cambiara el esquema de entrenamiento de pretemporada en verano, evaluó los cambios en el rendimiento, endócrinos y bioquímicos durante un campamento de entrenamiento de 10 días y 20 prácticas de jugadores de la División III de la NCAA (Hoffman et al., 2004b). El estudio no reveló reducciones significativas en la fuerza o potencia. Sin embargo, la naturaleza física del deporte se evidenció claramente por un incremento significativo en la creatin-quinasa al final del campamento de 10 días. El análisis hormonal no reveló cambios en las concentraciones de testosterona durante el campamento de entrenamiento, sin embargo, se encontró el cortisol elevado inicialmente, incrementando la relación testosterona-cortisol, pero los niveles de cortisol subsecuentemente regresaron a lo normal. Esta elevación inicial en el cortisol que se midió, parece ser reflejo de la ansiedad inicial asociada con el inicio del campamento de entrenamiento. A pesar de las elevaciones en los marcadores de daño muscular, la falta de cambios tanto en la testosterona como en el cortisol sugiere que los atletas altamente entrenados son capaces de manejar el estrés de 10 días con doble sesión de práctica.

Un estudio reciente examinó las demandas físicas de los jugadores de fútbol americano colegial de la División I de la NCAA durante un campamento de entrenamiento de verano (DeMartini et al., 2011). El promedio de tiempo diario practicado fue 144 ± 13 minutos por sesión. La distancia total cubierta durante cada práctica fue significativamente mayor entre los jugadores que no eran linieros (corredores, esquineros, apoyadores, alas cerradas y receptores) que los linieros (tacles, guardias, centros, tacles defensivos y alas defensivas) (3.5 ± 0.9 km vs. 2.6 ± 0.5 km, respectivamente). Además, los no linieros tuvieron un tiempo significativamente mayor trotando (6.1 - 12.0 km/h), corriendo (12.1 - 16.0 km/h) y en sprints (>16 km/h) que los linieros ($5.1 \pm 1.8\%$ vs. $4.1 \pm 1.0\%$, $0.9 \pm 0.0\%$ vs. $0.4 \pm 0.5\%$, y $0.8 \pm 0.4\%$ vs. $0.1 \pm 0.3\%$, respectivamente). No se encontraron diferencias entre las posiciones en el tiempo que pasaron parados o caminando (~ 92 - 94% del tiempo). Cuando se comparó a los titulares contra los suplentes, la única diferencia significativa observada fue en el tiempo que pasaban parados. Los suplentes pasaban significativamente más tiempo parados ($78.1 \pm 5.6\%$) comparado con los titulares ($74.6 \pm 5.1\%$). No se encontraron diferencias significativas entre los linieros y las demás posiciones en la frecuencia cardíaca promedio mantenida durante la práctica (135 ± 11 vs. 136 ± 7 latidos/min, respectivamente), sin embargo los jugadores que no eran linieros alcanzaron una frecuencia cardíaca significativamente mayor (203 ± 8 latidos/min) que los linieros (197 ± 9 latidos/min).

Otros estudios se han enfocado en los cambios fisiológicos en los jugadores de fútbol americano durante una temporada completa de competencia. Hoffman y colaboradores (2005b) compararon las respuestas bioquímicas y hormonales en jugadores titulares y sustitutos durante una temporada de la División III de la NCAA. Reportaron una mínima alteración en el eje adrenal-testicular (sin cambios significativos en las concentraciones de testosterona o cortisol fuera de lo que se había observado en el campamento de entrenamiento). Más aún, las elevaciones significativas observadas en las concentraciones de la creatin-quinasa al final del campamento de entrenamiento regresaron a niveles basales al final del primer mes de la temporada y se mantuvieron los niveles durante el resto de la temporada tanto en jugadores titulares como en suplentes. Este patrón de respuesta sugiere un grado de sensibilización del músculo esquelético a los golpes repetidos durante la temporada y se ha denominado "adaptación al contacto". Esto ha sido soportado por otros (Kraemer et al., 2013) que mostraron patrones de respuesta similares en jugadores de fútbol americano de la División I de la NCAA. La adaptación al contacto que ocurre en los jugadores de fútbol americano teóricamente se cree que es en parte a la adaptación fisiológica a la temporada de competencia, lo que aporta a los jugadores un mecanismo para tolerar el castigo físico asociado con el juego del fútbol americano (Hoffman, 2008).

Las adaptaciones fisiológicas resultantes de las prácticas del fútbol americano y de los juegos también parece que mejoran la cinética de la oxigenación muscular y recuperación (Hoffman et al., 2004c). En un estudio en jugadores de la División III de la NCAA, se midió la potencia anaeróbica con el test de Wingate de 30 segundos durante la temporada. De la misma forma, se midió la oxigenación muscular post-ejercicio por medio de espectroscopía infrarroja. La evaluación comenzó al inicio del campamento de entrenamiento y después cada 4 semanas hasta el final de la temporada regular. Los resultados mostraron una reducción significativa en la extensión de desoxigenación muscular y significativamente un tiempo más rápido de reoxigenación. Esta adaptación parece ocurrir sin algún cambio significativo en la potencia máxima lograda, potencia media, índice de fatiga o trabajo total realizado durante las evaluaciones mensuales.

También parece que los jugadores de fútbol americano logran mantener tanto la fuerza corporal de los segmentos superiores e inferiores durante la temporada competitiva (Hoffman & Kang, 2003). El mantenimiento de la fuerza parece que se logra en los jugadores colegiales de fútbol americano mientras utilizan un programa de mantenimiento de 2 días por semana con cargas cercanas al 80% de la fuerza máxima de los atletas (1-RM) en cada uno de los ejercicios principales. De manera interesante, cuando la intensidad del entrenamiento supera el 80% de la fuerza lograda en 1-RM del jugador, la capacidad de estimular mejoras en la fuerza es significativamente mayor que cuando la intensidad del entrenamiento es menor al 80%, especialmente en los jugadores de primer año (Hoffman & Kang, 2003). Es posible que la fatiga acumulada que sucede en los jugadores que tienen más tiempo de juego limite la extensión de la adaptación muscular durante la temporada.

CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO FÍSICO EN LA CARRERA DEPORTIVA DE LOS JUGADORES

Se ha establecido la importancia de la fuerza, potencia y rapidez para el éxito al jugar el fútbol americano (Berg et al., 1990; Black & Roundy, 1994; Fry & Kraemer, 1991; Kraemer & Gotshalk, 2000). Esto ha llevado al crecimiento de la profesión de entrenador de fuerza y a un mayor énfasis en los programas de fuerza y acondicionamiento en todos los niveles del fútbol americano (Hoffman, 2008). Una evaluación de los cambios físicos en los jugadores de fútbol americano de 1987-2000 reportó un incremento significativo en la fuerza, potencia y rapidez durante ese

periodo (Secora et al., 2004). El incremento en demostrar la importancia de los programas de fuerza y acondicionamiento y la contratación de entrenadores dedicados a enfocarse en desarrollar programas a nivel escolar parece que ha incrementado el nivel de las capacidades físicas a este nivel, lo que se traduce en jugadores más preparados para el siguiente nivel de competencia.

Existen sólo algunos estudios que han evaluado los cambios físicos y de rendimiento en los jugadores de fútbol escolares. Un estudio reciente indicó que se observa un proceso de maduración en los jugadores de fútbol americano de nivel bachillerato y los cambios más grandes ocurren durante el 10° y 11° grado (Dupler et al., 2010). Esto fue consistente entre jugadores ofensivos y defensivos. Tomar en cuenta la maduración de los atletas al considerar ajustar las listas del equipo (por ej., equipo universitario vs. equipo junior), puede ser un método para no presionar o apresurar a los atletas antes de que se encuentren físicamente listos para el siguiente nivel de competencia.

Los estudios que evalúan cambios en el rendimiento en la carrera deportiva colegial de los jugadores de fútbol americano también son limitados. Un estudio reciente de jugadores de fútbol americano de la División III de la NCAA indica que las ganancias de fuerza y potencia se alcanzan durante su carrera deportiva (Hoffman et al., 2011). Las ganancias de fuerza fueron consistentes entre los jugadores no linieros y los linieros. Se observó que las mejorías en 1-RM de press de banca (31%) y sentadilla (36%) durante el curso de la carrera deportiva de los atletas colegiales fue similar a aquellas reportadas en jugadores de fútbol americano de División I de la NCAA (Miller et al., 2002). Sin embargo, las mayores ganancias en fuerza ocurren entre el primer y segundo (incremento de fuerza de 7.9% y 9.1% en press de banca y sentadilla, respectivamente) y entre el segundo y el tercer (incremento de fuerza de 6.7% y 8.8% en el press de banca y sentadilla, respectivamente) año de competencia. La tasa de incremento de fuerza se redujo entre el tercer y cuarto año (3.1% en 1-RM de press de banca y 3.2% en 1-RM de sentadilla). Los patrones de respuesta fueron similares a otros estudios que reportaron que la mayoría de las ganancias de fuerza en los jugadores de fútbol americano de la División I sucedieron durante los primeros 2 años de competencia (Miller et al., 2002).

Las mejorías en rapidez, agilidad y altura de salto vertical parecen ser más limitadas, y si mejoran, generalmente ocurren durante las últimas etapas de la carrera deportiva de los atletas (Hoffman et al., 2011). En un estudio realizado en 289 jugadores colegiales de fútbol americano de la División III de la NCAA durante un periodo de 8 años, los investigadores que examinaron las evaluaciones de rendimiento de los jugadores (por ejemplo, agilidad, composición corporal, potencia, rapidez y fuerza) reportaron que la potencia de salto vertical fue significativamente mayor en el año 2 comparado con el año inicial de competencia del atleta, y significativamente mayor en el año 4 comparado con las temporadas previas. Esto parece estar relacionado tanto a los incrementos en masa corporal como a la altura del salto vertical. Sólo durante el cuarto año de competencia la altura del salto vertical incrementó significativamente comparado con el primer año del atleta. Estos resultados fueron consistentes con otros estudios longitudinales que evaluaban fútbol americano colegial (Miller et al., 2002). Es probable que estas variables de rendimiento estén en función de factores genéticos que impactan el potencial atlético de todos los jugadores.

APLICACIONES PRÁCTICAS

- Las mediciones del rendimiento físico pueden ayudar a los entrenadores a diferenciar a los titulares de los suplentes.
- El desarrollo de un patrón adecuado de sustituciones puede mejorar la capacidad de los jugadores de fútbol americano de mantener su fuerza y potencia durante el juego.
- El contacto en la pretemporada parece que aporta cierto grado de desensibilización muscular y puede permitir a los jugadores tolerar el castigo físico asociado con el fútbol americano.
- Se pueden desarrollar la fuerza y potencia durante la carrera de un atleta, pero la mejora en rapidez y agilidad pueden ser más difíciles de lograr.

CONCLUSIONES

A pesar del gran crecimiento y entendimiento que se ha observado en los programas de fuerza y acondicionamiento físico para el fútbol americano durante los últimos 25 años, nuestro entendimiento de las respuestas fisiológicas al juego y nuestro entendimiento del efecto fisiológico de una carrera deportiva prolongada son muy limitados. La evidencia sugiere que los jugadores se desensibilizan al contacto constante, y que las respuestas hormonales anabólicas y catabólicas parecen mantenerse consistentes durante una temporada de competencia.

REFERENCIAS

- Berg, K., R.W. Latin, and T. Baechle (1990). Physical and performance characteristics of NCAA division I football players. *Res. Quart.* 61:395-401.
- Black, W., and E. Roundy (1994). Comparisons of size, strength, speed and power in NCAA division I-A football players. *J. Strength Cond. Res.* 8:80-85.
- DeMartini, J. K., J.L. Martschinske, D. Casa, R.M. Lopez, M.S. Ganio, S. Walz, and E.E. Coris (2011). Physical demands of national collegiate athletic association division I football players during preseason training in the heat. *J. Strength Cond. Res.* 25: 2935-2943.
- Dupler, T. L., W.E. Amonette, A.E. Coleman, J.R. Hoffman, and T. Wenzel (2010). Anthropometric and performance differences among high-school football players. *J. Strength Cond. Res.* 24:1975-1982.
- Fry, A.C., and W.J. Kraemer (1991). Physical performance characteristics of American collegiate football players. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5:126-138.
- Funk J.R., S. Rowson, R.W. Daniel and S.M. Duma (2012). Validation of concussion risk curves for collegiate football players derived from HITS data. *Ann. Biomed. Eng.* 40:79-89.
- Garstecki, M.A., R.W. Latin, and M.M. Cuppett (2004). Comparison of selected physical fitness and performance variables between NCAA division I and II football players. *J. Strength Cond. Res.* 18:292-297.
- Hoffman, J.R. (2008). The applied physiology of American football. *Int. J. Sport Physiol. Perf.* 3:387-392.
- Hoffman, J.R. (2014). *Physiological Aspects of Sports Training and Performance*. Human Kinetics: Champaign, IL.
- Hoffman, J.R., and J. Kang (2003). Strength changes during an inseason resistance training program for football. *J. Strength Cond. Res.* 17:109-114.
- Hoffman, J.R., C.M. Maresh, R.U. Newton, M.R. Rubin, D.N. French, J.S. Volek, J. Sutherland, M. Robertson, A.L. Gomez, N.A. Ratamess, J. Kang, and W.J. Kraemer (2002). Performance, biochemical, and endocrine changes during a competitive American football game. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1845-1853.
- Hoffman, J.R., J. Cooper, M. Wendell, and J. Kang (2004a). Comparison of Olympic versus traditional power lifting training programs in football players. *J. Strength Cond. Res.* 18:129-135.
- Hoffman, J.R., J. Cooper, M. Wendell, J. Im, and J. Kang (2004b). Effects of β -hydroxy β -methylbutyrate on power performance and indices of muscle damage and stress during high intensity training. *J. Strength Cond. Res.* 18:747-752.
- Hoffman, J.R., J. Im, J. Kang, N.A. Ratamess, S. Nioka, K.W. Rundell, R. Kime, J. Cooper, and B. Chance (2004c). The effect of a competitive collegiate football season on power performance and muscle oxygen recovery kinetics. *J. Strength Cond. Res.* 19:509-513.
- Hoffman, J.R., N.A. Ratamess, J.J. Cooper, J. Kang, A. Chilakos, and A. Faigenbaum (2005a). The addition of eccentrically loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. *J. Strength Cond. Res.* 19: 810-815.
- Hoffman, J.R., J. Kang, N.A. Ratamess, and A.D. Faigenbaum (2005b). Biochemical and hormonal responses during an intercollegiate football season. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37: 1237-1241.
- Hoffman, J.R., N.A. Ratamess, M. Klatt, A.D. Faigenbaum, R. Ross, N. Tranchina, R. McCurley, J. Kang, and W.J. Kraemer (2009). Comparison between different resistance training programs in division III American college football players. *J. Strength Cond. Res.* 23:11-19.
- Hoffman, J.R., N.A. Ratamess, and J. Kang (2011). Performance changes during a college playing career in NCAA division III football athletes. *J. Strength Cond. Res.* 25:2351-2357.
- Kraemer, W.J., and L.A. Gotshalk (2000). Physiology of American football. In *Exercise and Sport Science*. Garrett, W.E., and D.T. Kirkendall (eds). Lippincott, Williams & Wilkins: Philadelphia, PA. pp. 795-813.
- Kraemer, W.J., B.A. Spiering, J.S. Volek, G.J. Martin, R.L. Howard, N.A. Ratamess, D.L. Hatfield, J.L. Vingren, J.U. Jo, M.S. Fragala, G.A. Thomas, D.N. French, J.M. Anderson, K. Hakkinen, and C.M. Maresh (2009). Recovery from a national collegiate athletic association division I football game: muscle damage and hormonal status. *J. Strength Cond. Res.* 23:2-10.
- Kraemer, W. J., D.P. Looney, G.J. Martin, N.A. Ratamess, J.L. Vingren, D.N. French, D.L. Hatfield, M.S. Fragala, B.A. Spiering, R.L. Howard, C. Cortis, T.K. Szivak, B.A. Comtock, C. Dunn-Lewis, D.R. Hooper, S.D. Flanagan, J.S. Volek, J.M. Anderson, C.M. Maresh, and S.J. Fleck (2013). Changes in creatine kinase and cortisol in National Collegiate Athletic Association Division I American football players during a season. *J. Strength Cond. Res.* 27:434-441.
- Miller, T.A., E.D. White, K.A. Kinley, J.J. Congleton, and M.J. Clark (2002). The effects of training history, player position, and body composition on exercise performance in collegiate football players. *J. Strength Cond. Res.* 16:44-49.
- Plisk, S., and V. Gambetta (1997) Tactical metabolic training, part I. *Strength Cond.* 19:44- 53.