

Revisión Narrativa

¿Los niveles de Testosterona y Cortisol influyen en el rendimiento en el rugby? Una mirada al rugby sevens.

Pedro Zúñiga-Vergara. MSc.^{1*} y Mauricio Castro S. PhD.¹

¹ Escuela de Kinesiología, Facultad de medicina, Universidad Finis terrae, Chile.

* Autor para correspondencia: Pedro Zúñiga V.; Correo electrónico: pedrozunigav@gmail.com; Fono +56989947488

Resumen: Introducción: El Rugby 7 (R7) es una rama del Rugby Unión (RU) y se caracteriza principalmente por ser un deporte de oposición con períodos de juego intensos y de corta duración, por lo tanto, los componentes psicológicos y fisiológicos juegan un rol en el rendimiento. En el R7, los deportistas compiten varias veces durante un mismo día, permitiendo la acumulación de fatiga. Esta acumulación de fatiga se puede explicar principalmente por la intensidad del juego y el número de colisiones a alta intensidad provocando perturbaciones a nivel muscular, endocrino y del sistema inmune. Sin embargo, a la fecha no existen trabajos que integren las respuestas fisiológicas como, por ejemplo, las respuestas hormonales de los jugadores a dichas demandas. Objetivo: Realizar una revisión de la literatura científica en relación al efecto de las hormonas T, C y el Ratio T/C en el rendimiento deportivo en el R7. Metodología: Revisión narrativa de la literatura, se realizó una búsqueda durante los meses de abril a noviembre del 2021 en 4 bases de datos (Pubmed/Medline, Google Scholar, Scopus (Elsevier) y Scielo). Después de analizar 335 textos se consideró su utilidad y relevancia para la inclusión a esta revisión. 11 Estudios cumplieron con los criterios de inclusión. Resultados: Los trabajos incluidos asocian la relación hormonal con el rendimiento deportivo en el RU y R7. Se destaca la relación grande ($r=0,80$) de la T con el rendimiento deportivo en el RU. Conclusión: Según los estudios analizados se puede observar la existencia de asociaciones entre los niveles hormonales de T y C con el rendimiento en deportistas de RU.

Palabras clave: Testosterona, cortisol, ratio testosterona/cortisol, rugby, rendimiento

1. Introducción

El Eje Hipotálamo – Hipófisis (EHH) realizan regulaciones hormonales centrales de varios sistemas endocrinos y del metabolismo humano, esta vía, se encuentra organizada por el hipotálamo, que forma parte del SNC y a la vez del sistema endocrino (1). El EHH regula la secreción de la hormona liberadora y de la hormona inhibidora, ambas hormonas interactúan en la glándula pituitaria anterior (adenohipófisis), promoviendo o inhibiendo a las células somatotropas y gonadotrópicas encargadas de la regulación de las glándulas endocrinas periféricas que controlan la secreción de la Testosterona (T) y el Cortisol (C) (2) (Ver figura 1).

La T es una hormona sintetizada a partir del colesterol y otros precursores en las células de Leyding en los testículos, su activación es esencial para la función reproductiva, inmunológica y de los músculos esqueléticos. En el músculo, su primera interacción es con los receptores androgénicos, para luego transformarse en su versión andrógena la Dihidrotestosterona (3). Las concentraciones de T han demostrado seguir un ritmo circadiano, por este motivo T tiende a tener su peak durante la mañana e ir disminuyendo su concentración durante el día (4). La T juega un rol importante en las adaptaciones, mantenimiento y fuerza muscular (5,6). A nivel neuronal, se ha evidenciado un aumento del tamaño de las células en reacción a la T y en las células musculares se ha relacionado

con un aumento en los canales de calcio (7). Por otra parte, la T podría aumentar la cantidad de neurotransmisores e incidir en la regeneración de terminales nerviosos (8,9). La actividad física, el ejercicio y el deporte son un potente regulador de la respuesta aguda de la T, ya que el ejercicio físico es capaz de aumentar de forma aguda las concentraciones de T total y libre en varones (6). En relación a la respuesta a largo plazo de la testosterona, existen distintas variables que podrían influir en la respuesta crónica de la T al ejercicio como; el tipo de actividad, la intensidad, nutrición, el volumen y la experiencia de los sujetos. Por otra parte, la edad podría ser una variable determinante en los niveles de concentración de T inducidos por el entrenamiento (10,11). Se ha evidenciado que el ejercicio físico puede llegar a modular la cantidad de receptores andrógenos en los tejidos musculares (12,13).

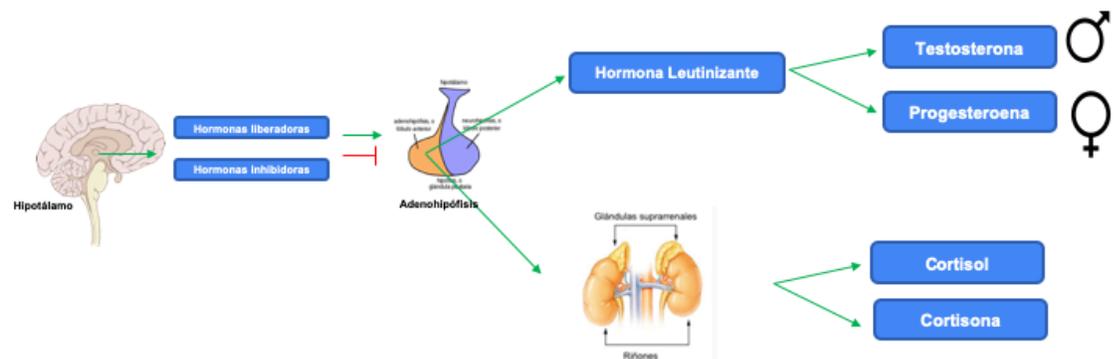


Figura 1. Rol del hipotálamo en el control hormonal de T y C en el ser humano.

El C, en cambio, tiene un marcado efecto catabólico en la degradación proteica en el músculo, siendo este efecto producido en respuesta al estrés por el ejercicio. Esta respuesta, se ve aumentada con el incremento de la intensidad del ejercicio y en la mayor participación de las fibras de tipo II (14). Se ha observado un aumento en la concentración de la hormona adrenocorticotrófica (Precursor del C) en respuesta al ejercicio (15). En el aumento de esta hormona, no existirían diferencias entre el nivel de experiencia del deportista (16). Por otra parte, el volumen del ejercicio tendría un efecto positivo en la respuesta hormonal del C (17). Por otra parte, estudios han determinado que ciertos niveles hormonales de C se relacionan con el aumento en la disponibilidad de sustratos energéticos en los músculos activos, jugando un rol en el control de la homeostasis y el metabolismo (5,6). Principalmente, en la concentración de lípidos y aminoácidos en la circulación a través de la estimulación de la lipólisis en los tejidos periféricos y aumentando los procesos catabólicos en el músculo. Por otra parte, se ha evidenciado que el C podría tener una función en la preparación del organismo para el ejercicio (18). Estos cambios ayudarían en los procesos inflamatorios del músculo, la síntesis de citoquinas y disminuir el daño muscular (19). En relación a las adaptaciones crónicas o a largo plazo del C al ejercicio, se ha evidenciado que las concentraciones de C en reposo habitualmente se relacionan con estados de agotamiento o sobreentrenamiento (20).

El R7 es un deporte colectivo derivado del RU, se caracteriza por ser una disciplina de oposición con períodos de juegos intensos y de corta duración. Se juega bajo el mismo reglamento del RU y en el mismo campo. Las diferencias se establecen en el número de jugadores por equipo (15 en el RU versus 7 jugadores del R7) y tiene una duración de dos tiempos de 7 minutos, a diferencia de los dos tiempos de 40 minutos de juego del RU. El sistema de campeonato del R7 establece jugar cinco a seis partidos dentro de 2 a 3 días seguidos; en cambio, el RU se juega un solo partido cada 7 días (21). Desde el año 2016, el R7 ha tomado un fuerte impulso a nivel de países, esto se debe a

su incorporación como disciplina olímpica para Río de Janeiro 2016. Desde esta fecha, el interés, la preparación y la inversión en este deporte ha ido en aumento (22). Si bien el impulso que ha tenido el deporte en los últimos años ha hecho mejorar los desempeños deportivos de los atletas, a nivel de investigaciones científicas enfocadas en las demandas del deporte aún son desproporcionadas en relación al nivel de evidencia que existe en el RU (23).

El R7 es un deporte con una fuerte demanda física, esto debido a que se requiere carreras explosivas, colisiones y saltos de manera constante durante el juego (24). En general, las demandas del R7 están bien documentadas en la literatura para el alto rendimiento (25). Desde el punto de vista energético se reconoce la alta exigencia, debido a la necesidad de realizar esfuerzos máximos explosivos intermitentes, principalmente de aceleraciones repetidas como componente físico crucial en el R7 (26). El estudio de Higham et al., (27), propone que los jugadores de R7 recorren un 27% de distancia mayor a una velocidad sobre los 6 m/s y un 39% mayor en aceleraciones altas por minuto que los jugadores de RU durante los entrenamientos. La capacidad de los jugadores de R7 de recorrer mayor distancia a mayor intensidad es uno de los factores clave en el rendimiento deportivo de la disciplina (3). En el estudio de Higham et al., ((23,28), se demostró que los jugadores internacionales de R7 recorrieron en promedio una distancia de 2,256m en la prueba YoYo nivel 1(YYIRT1); este resultado es un 73,4% superior a los jugadores de élite de la liga de RU con similares características antropométricas. Además, estudios reportaron pequeñas diferencias en las aceleraciones entre Backs y Forwards en los jugadores de R7 (29). Las comparaciones con datos publicados establecen que los jugadores de R7 de nivel internacional poseen valores de aceleración similares con los Backs del RU profesionales (30).

Tanto el RU, como el R7 son deportes de colisión. El estudio de Couderc et al.,(22), entrega información importante en cuanto a las demandas energéticas necesarias para el juego, añadiendo los impactos o tackles en la metodología de estudio (26). En este sentido, un tackle defensivo puede resultar clave para determinar el resultado de un encuentro deportivo (31–33). En relación a la diferencia entre el R7 y RU, debemos entender que un jugador de R7, finalizado un torneo habrá tenido un 40% más de contactos que un jugador de RU en la misma cantidad de tiempo de juego (34,35). El volumen e intensidad del R7 sugiere una mayor carga física en comparación a los jugadores de RU (23,31). El daño muscular en el R7 se caracteriza por el trauma muscular de carácter repetido dado por el contacto con los otros jugadores y el suelo. (31). En el R7, los deportistas compiten varias veces durante un mismo día, permitiendo la acumulación de fatiga (28). Esta acumulación de fatiga se puede explicar principalmente por la intensidad del juego y el número de colisiones a alta intensidad provocando perturbaciones a nivel muscular, endocrino y del sistema inmune. Sin embargo, a la fecha no existen trabajos que integren las respuestas fisiológicas como, por ejemplo, las respuestas hormonales de los jugadores a dichas demandas.

El objetivo de este estudio, es realizar una revisión de la literatura científica en relación al efecto de las hormonas T, C y el Ratio T/C en el rendimiento deportivo en el R7. La hipótesis de este trabajo se enmarca en observar las posibles asociaciones entre los niveles hormonales de T, C y el Ratio T/C en el rendimiento deportivo en jugadores de R7. (Ver figura 2)

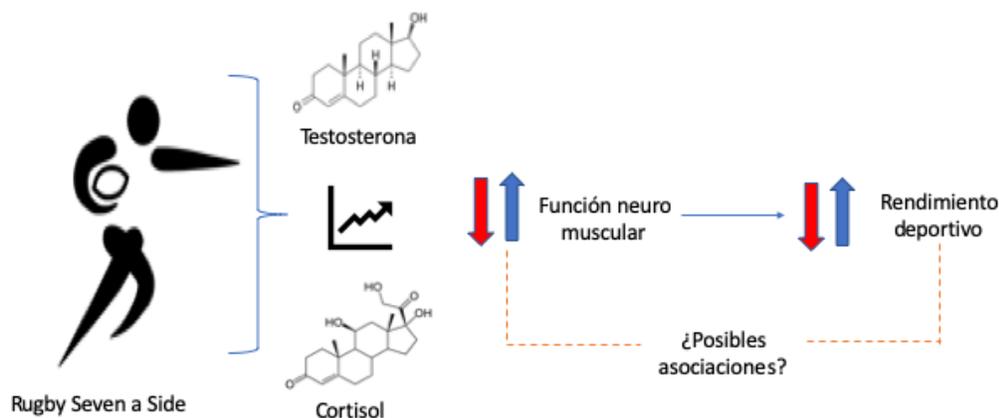


Figura 2. Hipótesis: Es posible observar asociaciones entre la respuesta hormonal de T, C y Ratio T/C con en el rendimiento deportivo en jugadores de R7.

2. Metodología

Se realizó una búsqueda de artículos científicos publicados desde el año 2000 hasta octubre del 2021 sobre la asociación entre las hormonas T y C y el rendimiento deportivo en el R7. Se utilizaron tres motores de búsqueda; Pubmed/Medline, Google Scholar, Scopus y Scielo.

Se emplearon diferentes términos y combinaciones en la búsqueda realizada. Las palabras fueron escritas en Inglés debido a las características idiomáticas de las bases de datos. En la búsqueda, se utilizaron las siguientes palabras claves: “Rugby”, “Rugby sevens”, “Performance”, “Hormones”, “Testosterone”, “Cortisol”, “Endocrine Response”. Todas estas conectadas con los operadores booleanos “AND” y “OR”. Debido a la escasa información existente a la fecha sobre el tema, se incluyeron estudios con deportistas de RU y no se realizó un filtro por año de publicación (Tabla 1).

Se incluyeron todos los diseños de estudios que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión de acuerdo a la estrategia PICOT: Población, Intervención, Comparación, Outcome o resultados y Tipo de estudio.

- Población: Sujetos reclutados fueran jugadores hombres de RU y R7 de nivel amateurs, semi profesionales o élite de cualquier edad.
- Intervención: Análisis de estudios que evalúen los niveles T , C y Ratio T/C en saliva, orina o sangre durante una fecha, partido o entrenamiento de jugadores de RU o R7 y el rendimiento deportivo.
- Comparación: La correlación existente entre los cambios hormonales de T , C y Ratio T/C en saliva, orina o sangre y el rendimiento deportivo de los jugadores de R7 o RU.
- Resultados: Estudios en los cuales se observará efecto en las variables de rendimiento físico (Fuerza muscular, velocidad, resistencia, intensidad, número de tackles y parámetros subjetivos de rendimiento) y variables fisiológicas hormonales de T y C.
- Tipo de estudio: Estudios de caso originales, randomizados controlados y longitudinales revisados por pares y publicadas en revistas científicas. Filtro de idioma: Inglés.
- Criterios de exclusión: Investigaciones con asociación hormonal entre T y C en el rendimiento deportivo en un deporte diferente al RU o R7, otro tipo de análisis estadísticos, falta de información en los estudios y otros tipos de publicaciones (Carta al editor, comentarios entre otros).

Tabla 1. Estrategia de búsqueda utilizada para esta revisión narrativa.

Estrategia de búsqueda	Detalles
Palabras claves utilizadas	(Rugby OR rugby sevens) AND (hormone OR hormonal OR testosterone OR cortisol OR endocrine response) AND (performance)
Base de datos	Pubmed/Medline, Google Scholar, Scopus (Elsevier) y Scielo.
Lenguaje	Inglés
Tipos de artículos incluidos	Investigaciones originales: Estudios de cohorte, randomizados controlados y longitudinales.
Tipos de artículos excluidos	Revisiones, comentarios, opiniones, metodologías, cartas al editor, editoriales, resúmenes de conferencias, capítulos de libros, libros, tesis y disertaciones.

3. Resultados

Las estrategias de búsquedas realizadas arrojaron un número inicial de estudios de 335 posibles investigaciones. A través del análisis del abstract de dichos artículos se recuperó el texto completo de 18 trabajos que se evaluaron según los criterios de inclusión. Después de una revisión minuciosa de los textos completos se marginaron 7 investigaciones debido a que no realizaron análisis correlacionales entre el comportamiento hormonal y el rendimiento deportivo. Los 11 trabajos restantes fueron seleccionados para la inclusión final en esta revisión.

Posterior a la revisión y análisis de cada estudio se registraron los siguientes datos para la realización de cuatro tablas de resumen de resultados. La primera contiene el autor, disciplina, número de deportistas, edad, nivel de los deportistas, objetivos del estudio, método de recolección hormonal y hormonas evaluadas. El segundo, tercero y cuarto registro está separado por tipo de hormona (T, C y T/C) y se consideró; El autor, la intervención, el método y unidad de recolección hormonal, la medición del rendimiento, los datos de correlación y los principales resultados de cada investigación relacionados con el objetivo de esta tesis.

En la tabla 2, se observa un total de 11 artículos incluidos en el presente estudio, la población total es de 186 sujetos de los cuales el 91,1 % fueron jugadores de RU y solo un 8,9% de R7. El promedio de participantes fue de 16,9 por estudio y la edad promedio en los estudios seleccionados fue de 22,3 años. Del nivel de experiencia de los deportistas, 1 solo artículo incluyó jugadores amateurs y de élite sin determinar qué número de jugadores pertenecía a cada grupo. Otro artículo solo ocupó jugadores semi-profesionales, el resto de los trabajos el nivel de los deportistas fue profesional. 5 estudios evaluaron la relación existente de la T y el C con el rendimiento deportivo (36,8% de la población), 3 estudios incluyeron el Ratio T/C más T y C (35,7 % de los sujetos) y sólo 3 estudios considerarán la asociación del C con el rendimiento deportivo (27, 5% de la muestra).

Tabla 2. Estudios seleccionados que realizaron asociación entre respuesta hormonal y rendimiento deportivo.

Autor	D	N	Edad	Nivel	Objetivo (s) del estudio	M.H	H.E
Crewther et al (40)	RU	20	20,1	Semi-elite	Examinar el efecto de las aceleraciones de ciclo corto como estímulo para la potencia y la adaptación a la fuerza. Investigar la potencia y fuerza junto con la respuesta hormonal.	Saliva	T y C
Crewther et al (41)	RU	10	22,9	Elite	Establecer relación predictiva entre T y C en el rendimiento de sentadilla y sprint.	Saliva	T y C
Bouaziz et al (42)	R7	16	23,8	Elite	Examinar los efectos de los cambios en el entrenamiento sobre las medidas psicométricas y hormonales del R7 y determinar la efectividad de estas variables para monitorear la carga.	Urinaria	C
McLellan et al (43)	RU	17	24,2	Elite	Determinar la respuesta neuromuscular bioquímicas y endocrinas del RU para determinar si la respuesta de CMJ y CK podrían utilizarse para el monitoreo de la fatiga.	Saliva	C
McLellan et al (36)	RU	16	19,0	Elite	Examinar los patrones de movimiento para determinar la distancia total recorrida y la respuesta endocrinas durante un juego oficial de liga	Saliva	T y C
McLellan et al (44)	RU	17	19,0	Elite	Examinar las respuestas neuromusculares, bioquímicas y endocrinas de una partido de la liga de RU, para determinar si la potencia de salto podría utilizarse para monitorear fatiga después de un partido.	Saliva	C
Crewther et al (45)	RU	30	23,1	Elite	Determinar si los sprints de ciclo corto pueden potenciar la fuerza y potencia. Examinar los efectos de sprint de ciclo corto en las concentraciones de T y C.	Saliva	T, C y Ratio T/C
Cook et al (46)	RU	12	21,8	Elite	Examinar los efectos de diferentes estrategias motivacionales previas a un partido en T y C salival e indicadores de rendimiento.	Saliva	T y C
Cook et al (37)	RU	12	21,2	Elite	Desarrollar una mejor comprensión del entorno previo al entrenamiento y su influencia sobre las hormonas endógenas y la correlación con el rendimiento.	Saliva	T y C
Gavilio et al (38)	RU	22	27,8	Elite	Examinar en el día de partido las concentraciones de T y C y relacionar con los resultados obtenidos.	Saliva	T, C y Ratio T/C
Crewther et al (41)	RU	12	23,4	Elite y amateurs	Examinar las asociaciones temporales entre los cambios hormonales de T, C y T/C previos al entrenamiento con la motivación y el rendimiento físico posterior en jugadores elite y amateurs.	Saliva	T, C y Ratio T/C

Abreviaturas: (D) Disciplina, (N) número de jugadores, (MH) Método de recolección hormonal, (H.E) hormonas evaluadas.

Testosterona

8 estudios correlacionaron los efectos de de T sobre el rendimiento deportivo. En 4 estudios analizados se encontró una correlación grande entre T y el rendimiento deportivo ($r=0,80$) (36,45,37,21). 1 estudio encontró una correlación baja ($r=0,44$) (43) y 2 estudios no encontraron correlación significativa (44,28). Un trabajo encontró asociaciones significativas con el rendimiento pero no declara valores de “r” ni tamaño del efecto (46). Cinco trabajos realizaron distintas intervenciones de carácter físico para determinar el comportamiento hormonal y la respuesta en el rendimiento. 3 de los estudios consideraron un partido oficial de liga como intervención principal. 3 estudios realizaron intervenciones socioemocionales (observación de videos) para evaluar la respuesta hormonal y su relación con el rendimiento. Todos los trabajos se analizaron en jugadores de RU (Tabla 3).

Tabla 3. Estudios que determinaron la asociación entre T y el rendimiento deportivo en el Rugby.

Autor	Intervención	Testosterona	M.R.	C. (r)	Principales resultados
Crewther et al (43)	6 semanas. 1 grupo realiza 40s de carrera de velocidad. Grupo control no realiza carreras. Ambos grupos realizan rutina de fuerza y potencia de piernas.	Saliva ($\text{pmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	1RM Sentadilla cajón (kg) Potencia media (PM) Potencia máxima (PP)	0,44	Se observó una asociación entre T y la 1RM en sentadilla
Crewther et al (36)	10 sesiones de trabajo de sentadilla (5x20kg, 5x100kg, 2x140 kg), y una prueba de RM max en sentadilla. Seguido de 3 repeticiones de sprint de 10 mts.	Saliva ($\text{pmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	1RM sentadilla (kg) Sprint 10 m (s)	0,92 -0,87	Se encontró una correlación entre T y ls variables de fuerza máxima de sentadilla y el tiempo en sprint 10 m.
McLellan et al (44)	Partido oficial de liga	Saliva ($\text{pmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	Distancia recorrida (km)	-0,06	No hay correlación entre T y la distancia total recorrida en un partido de liga.
Crewther et al (45)	Grupo 1 realiza sprint en bicicleta con ejercicios de fuerza , potencia de brazos y piernas. Grupo 2 no realiza sprint en bicicleta, pero si los ejercicios de fuerza y potencia.	Saliva ($\text{pmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	1RM Sentadilla en cajón Potencia de salto (SJ) 1 RM press banca Potencia lanzamiento de banco.	0,59	Se evidenció una asociación entre T y la fuerza máxima en press de banco.
Cook et al (46)	1 grupo realizó observación de jugadas exitosas del partido del atleta correspondiente a la fecha anterior, con el entrenador reforzando dichos patrones óptimos. 2 grupo realizó observación de jugadas exitosas del equipo rival correspondiente al partido de la fecha anterior, con el entrenador reforzando de forma escrita. 3 grupo realizó solo meditación del partido anterior.	Saliva ($\text{pmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	80 min de juego Indicador subjetivo de habilidades de juego (KPI) Indicador de rendimiento general (OPI)	-	Se encontró una asociación entre la respuesta de T y los indicadores subjetivos de rendimiento.

Cook et al (37)	Observar material audiovisual de corta duración diferentes temáticas: Humor, triste, erotico, motivación al entrenamiento	Saliva (pmol*L ⁻¹)	3 RM sentadilla (kg)	0,85 -0,62	Se evidenció una correlación entre la respuesta de T y la fuerza de máxima en 3RM sentadilla. Al observar un video triste se observó una correlación negativa entre T y fuerza 3RM de sentadilla.
Gavilio et al (21)	Partido oficial de liga	Saliva (pmol*L ⁻¹)	Rendimiento del día de juego Resultado general Escala de puntuación de rendimiento subjetiva	0,81 0,91	Correlación significativa entre la respuesta de T y el rendimiento del día de juego. Se encontró una asociación entre la respuesta de T y los indicadores subjetivos de rendimiento.
Crewther et al (41)	Entrenamiento normal de temporada	Saliva (pmol*L ⁻¹)	CMJ - Altura de vuelo (cm) Fuerza isométrica de piernas (N)	-	No hay correlación entre T y las variables de rendimiento estudiadas

Abreviaturas: (M.R) Medición del rendimiento, (C) Correlación.

Cortisol

Para el C se revisaron 10 estudios que incluían la relación establecida de la hormona con el rendimiento deportivo. Solo 1 trabajo utilizó jugadores de R7 en su muestra. 5 estudios encontraron una correlación débil entre C y los parámetros de rendimiento deportivo ($r=0,40$) (40,41,44,46,45). 3 trabajos concluyeron que no hay relación significativa (43,36,41). 1 estudio encontró un efecto de asociación grande para dos parámetros de rendimiento ($r=0,54$) (42). 5 estudios utilizaron diferentes intervenciones físicas para determinar el comportamiento hormonal. 3 investigaciones evaluaron durante un partido de liga. 2 trabajos realizaron análisis de video de diferentes contextos, para evaluar la relación del rendimiento con el comportamiento hormonal (Tabla 4).

Tabla 4. Estudios que determinaron la asociación entre C y el rendimiento deportivo en el Rugby.

Autor	Intervención	Cortisol	M.R	C. (r)	Principales resultados
Crewther et al (40)	6 semanas. 1 grupo realiza 40s de carrera de velocidad. Grupo control descanso. Todos los grupos realizaron rutina de fuerza y potencia de piernas.	Saliva (ng*mol*L ⁻¹)	1RM Sentadilla cajón (kg)	0,36	Se evidenció una asociación entre C y la fuerza máxima en sentadilla.
Crewther et al (41)	10 sesiones de trabajo de sentadilla (5x20kg, 5x100kg, 2x140 kg), y una prueba de RM max en sentadilla. Seguido de 3 repeticiones de sprint de 10 mts.	Saliva (pmol*L ⁻¹)	1 RM sentadilla (kg) Sprint 10 m (s)	0,35 -0,23	Correlaciones débiles entre C y parámetros de rendimiento en ambos grupos.

Bouaziz et al (42)	Entrenamiento de 6 semanas de entrenamientos de carácter intenso y 3 semanas de tapering	Urinaria (ng*mL ⁻¹)	10m sprint (s) 20m sprint (s) Yo-yo test (t) 1RM sentadilla (kg) 1RM press banca (kg)	0,54 0,44 0,38 0,54 0,36	Existe una correlación entre los niveles de C el tiempo en los 10m de sprint y en la fuerza máxima para 1RM de sentadilla.
McLellan et al (43)	Partido oficial de liga	Saliva (nmol*L ⁻¹)	Nº de tackles Nº de acarreo de pelota	-	No hay una correlación significativa entre el número de tackles o de acarreo y la respuesta hormonal de C durante, o después del partido.
McLellan et al (36)	Partido oficial de liga	Saliva (pmol*L ⁻¹)	Distancia recorrida (km)	-0,09	No se evidencia una correlación significativa entre los valores de C y la distancia total recorrida en un partido oficial.
McLellan et al (44)	Partido oficial de liga	Saliva (nmol*L ⁻¹)	CMJ Peak potencia (PP) Peak de fuerza (PF) Peak de ratio y desarrollo de fuerza (PRDF)	0,48	Se determina una asociación entre C y el peak de fuerza.
Crewther et al (46)	Grupo 1 realiza sprint en bicicleta con ejercicios de fuerza, potencia de brazos y piernas. Grupo 2 no realiza sprint en bicicleta, pero si los ejercicios de fuerza y potencia.	Saliva (nmol*L ⁻¹)	1RM Sentadilla en cajón Potencia de salto (SJ) 1 RM press banca (kg) Potencia lanzamiento de banco	0,42	Se encontró una correlación entre la respuesta de C y la fuerza máxima en 1RM de press de banco.
Cook et al (43)	Grupo 1 realizó observación de jugadas exitosas del atleta correspondiente a la fecha anterior, con el entrenador reforzando dichos patrones óptimos. Grupo 2 realizó observación de jugadas exitosas del equipo rival correspondiente al partido de la fecha anterior, con el entrenador reforzando de forma escrita. Grupo 3 realizo solo meditación del partido anterior.	Saliva (pmol*L ⁻¹)	80 min de juego Indicador subjetivo de habilidades de juego (KPI) Indicador de rendimiento general (OPI)	-	Se determinó una asociación entre C y menores calificaciones en ambos indicadores subjetivos de desempeño.
Cook et al (45)	Observar material audiovisual de corta duración diferentes temáticas: Humor, triste, erotico, motivación al entrenamiento	Saliva (pmol*L ⁻¹)	3 RM sentadilla (kg)	0,42	Se evidenció una correlación entre C y la fuerza máxima en 3RM de sentadilla.
Crewther et al (41)	Entrenamiento normal de temporada	Saliva (pmol*L ⁻¹)	CMJ - Altura de vuelo (cm) Fuerza isométrica de piernas (N)	-	No se determinó asociación entre C y alguna variable de rendimiento estudiada.

Abreviaturas: (M.R) Medición del rendimiento, (C) Correlación.

Ratio T/C

Sólo 2 estudios analizaron la relación del Ratio T/C en el rendimiento deportivo. Ambos señalan una correlación significativa con un tamaño del efecto medio -grande en el rendimiento deportivo para la intervención realizada. Ambos estudios utilizaron solo jugadores de RU (Tabla 5).

Tabla 5. Estudios que determinaron la asociación entre el Ratio T/C y el rendimiento deportivo en el Rugby.

Autor	Intervención	Ratio T/C	M.R	C. (r)	Principales resultados
Crewther et al (46)	Grupo 1 realiza sprint en bicicleta con ejercicios de fuerza , potencia de brazos y piernas.	Saliva	1RM Sentadilla en cajón	0,49	Existe una correlación significativa entre en Ratio T/C y la fuerza máxima en 1RM en press de banco.
	Grupo 2 no realiza sprint en bicicleta, pero si los ejercicios de fuerza y potencia.		1 RM press banca (kg)		
Gavilio et al (39)	Partido oficial de liga	Saliva	Rendimiento del día de juego	0,81	Se encontró una correlación significativa entre la respuesta de T/C y el resultado general en escala de puntuación subjetiva.
			Resultado general		
			Escala de puntuación de rendimiento subjetiva		

Abreviaturas: (M.R) Medición del rendimiento, (C) Correlación.

4. Discusión

El R7 es un deporte multievento, colectivo, de impacto e intermitente que se caracteriza por períodos de actividad de alta intensidad y periodos cortos de recuperación (51). Esta revisión pudo observar la existencia de una asociación entre los niveles de las hormonas T, C y Ratio T/C (especialmente con T) con el rendimiento deportivo. Los estudios incluidos mayoritariamente se realizan en deportistas de RU. Si bien, las características reglamentarias son similares, las características físicas, energéticas y de competencia del R7 son bastante disímiles. En el RU, el somatotipo del jugador es determinante para establecer los roles, la posición dentro del campo y el rendimiento (52). En el R7 estas características no se cumplen. Los estudios recientes han descrito que los jugadores de R7 tienen un coeficiente de variación entre un 3,3% y el 8% en las medidas antropométricas entre jugadores, lo que significa que mantiene características físicas similares en todas las posiciones (53). Esto podría deberse a que las diferencias en las demandas fisiológicas durante un partido determinado por las posiciones clásicas de Rugby (Forwards y Backs) son triviales en el R7 a diferencia de lo que ocurre en el RU (54). Las comparaciones con datos publicados establecen que los jugadores de R7 de nivel internacional poseen valores de aceleración similares con los Backs del RU profesionales (55). Otro estudios ha encontrado una correlación moderada (P=0,45) entre la suma de 7 pliegues cutáneos y el consumo de oxígeno máximo de los sujetos (VO2 max) y fuertemente (P=0,83) entre el índice de masa libre y VO2 max en jugadores

de R7 élite (25). Estos resultados nos podrían indicar que la composición corporal tiene una fuerte relación con el rendimiento deportivo de los rugbistas.

En el estudio de Ross et al., (27), se evaluó la performance deportiva en jugadores de élite que participaron de la serie mundial de 2013, observándose que los atletas recorren cerca de 1500 metros por partido. En general, un jugador de R7 debe tener una gran capacidad aeróbica, cualidad que le permita correr más metros a una mayor intensidad y en un menor tiempo de juego que su par de RU. Esta condición, se puede explicar principalmente a la menor cantidad de jugadores que hay durante un partido y, por ende, al mayor espacio por cumplir en el campo de juego y al menor tiempo de juego de los partidos. En este sentido, ha sido bien estudiado el efecto de las hormonas andrógenas en los niveles de Hemoglobina, se ha descubierto la capacidad de la T para aumentar la cantidad de mioglobina del músculo (56). En atletas de élite, se ha evidenciado una disminución del 5,7% del rendimiento cuando la concentraciones de T fueron bajo los 10 nmol/L y una disminución de un 12% en la concentración de hemoglobina con valores de T bajo los 10 nmol/L (57). Por otra parte, estudios evaluaron el aumento de la fuerza muscular progresivo en relación a la dosis de T en sujetos transgenero con tratamiento hormonal (58). Otros aspectos estudiados por los cuales la T promovería el rendimiento deportivo, podría estar relacionado con; El procesamiento del calcio en la función muscular contráctil, un aumento en los canales de calcio, un aumento en la cantidad de neurotransmisores, en la regeneración de los terminales nerviosos (9,62,63) y en el aumento de la corteza motora (15,64). Por lo tanto, mejoras en la capacidad aeróbica, el aumento en la fuerza, y una posible potencialización en la función muscular central pudieran ser las ventajas más importantes en el rendimiento deportivo para los atletas. Todos estos efectos podrían explicar el aumento del rendimiento deportivo, es por este motivo que aplicar estrategias que estimulen la respuesta potenciadora de T previa a una la competencia se debe considerar a la hora de seleccionar estímulos que generen un aumento en el rendimiento de los atletas.

Estudios han encontrado que mediciones durante la mañana del C podría ser el biomarcador predictivo de victorias en el RU (65). Otros trabajos han evidenciado una relación positiva entre concentraciones previas al ejercicio y mayores tasas de trabajo en remeros (59). La eficacia de un estímulo para elevar los niveles de C y por ende del rendimiento podría depender del horario del día (66). Esto se podría explicar por el ritmo circadiano hormonal, en el que el C es mayor durante la mañana y va disminuyendo durante el día (67). Estudios han demostrado una relación ($r=0,60-0,86$) entre las concentraciones de C en reposos y la adaptación a la fuerza y potencia (68), pudiendo actuar como un regulador en la actividad muscular contráctil así como también podría influir en el metabolismo del músculo (69) y las vías de señalización medulares que inician y regulan la actividad del músculo en el ejercicio (15,64). Se ha estudiado que niveles elevados de C estarían relacionados en la preparación al estrés de una competencia deportiva (70). Por otra parte, niveles elevados de C, podría ser un indicador de agotamiento (67). Por este motivo, controlar posibles factores que influyen en los niveles de C, como el estado previo de hidratación de los deportistas es importante. Se ha establecido el efecto de la deshidratación en el aumento en los niveles de mineralocorticoides (66,67,69). Por otra parte, estudios previos han establecido que es común que deportistas jóvenes compitan o entrenen deshidratados (68). De esta forma, establecer estrategias individuales de control y seguimiento de la respuesta de C que genere una potenciación en el rendimiento , pero que a su vez pueda limitar la posible respuesta estresora de C.

El Ratio T/C es una proporción que se utiliza para conocer el estado anabólico versus el catabólico frente a un entrenamiento . Estudios han encontrado que un aumento en el rendimiento podría relacionarse con cambios en la relación T/C . El Ratio T/C es considerado un indicador de estrés fisiológico, principalmente asociado al sobreentrenamiento (71) Otros autores plantean que una mirada de este tipo parece ser una interpretación somera de procesos de adaptación más complejos (70). En relación al ratio T/C y su incidencia en el rendimiento deportivo la evidencia es discrepante, pero por otra parte, se tiene claridad sobre los efectos hormonales de T y C en los procesos

anabólicos, en la preparación para la práctica deportiva y en la respuesta aguda al ejercicio. Por lo cual, tiene sentido determinar una respuesta óptima del T y C que permita desarrollar estrategias adecuadas que generen un ambiente hormonal preciso para potenciar el rendimiento deportivo.

Tanto la T como el C tienen un efecto agudo/crónico en los deportistas, si bien, de momento la evidencia es escasa en relación a la respuesta o ambientes hormonales óptimos para el rendimiento en el R7, inducir estrategias físicas y psicológicas que promuevan ciertos estados hormonales que potencien el rendimiento en la competencia deportiva. O por otra parte, incorporar un seguimiento hormonal que ayude en la toma de decisiones para la planificación de los estímulos y recuperación, pueden ser estrategias de importancia para los entrenadores de R7. Para entender las ventajas en el rendimiento deportivo de T y C debemos tener en consideración que el nivel de preparación de los atletas de élite en general es más elevado cada año. Los márgenes de diferencia por los cuales un deportista vence a sus rivales y sale campeón son cada año menores. El nivel de preparación de los atletas que llegan a las citas deportivas es cada vez menor y cualquier ventaja, como estrategias que promuevan niveles óptimos de las concentraciones de T o C pudieran ser determinante para el desempeño deportivo en el R7.

5. Conclusiones

Del análisis de la información obtenida tras la revisión de la literatura podemos concluir que puede observarse la existencia de asociaciones entre los niveles hormonales de T y C con el rendimiento de deportistas de RU principalmente en los test de campo. La evidencia es menos concluyente en los estudios realizados en partidos de oficiales. Podemos observar, al realizar la revisión literaria que la respuesta de T tiene una correlación fuerte con el rendimiento deportivo en deportistas de élite en el RU. En la respuesta hormonal de C se observa una asociación negativa débil a moderada en el rendimiento deportivo para el RU. En relación al R7, los resultados encontrados no son totalmente aplicables debido a la escasez de estudios que a la fecha se encuentran publicados. Evidenciando una brecha en la cantidad de estudios existentes entre el RU y el R7 en este tema. Si bien, encontramos que algunas características entre los jugadores de RU (los backs) y los jugadores de R7 son similares. No es posible generalizar y extrapolar los resultados encontrados sobre las asociaciones de las hormonas T y C en el rendimiento deportivo al R7.

Creemos que es necesario mayor cantidad de estudios que logren determinar con mayor exactitud los efectos hormonales de la disciplina y la asociación de estos en el rendimiento. Por lo tanto, son necesarios futuros estudios como los que se proponen en este trabajo para cumplir con la hipótesis propuesta.

6. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

7. Referencias

1. Mazzoccoli G, Paziienza V, Vinciguerra M. Clock Genes and Clock-Controlled Genes in the Regulation of Metabolic Rhythms. *Chronobiol Int.* 2012;29(3):227–51.
2. Schally AV, Arimura A, Kastin AJ. Hypothalamic Regulatory Hormones. *Science.* 1973;179(4071):341–50.
3. Taylor MK, Kviatkovsky SA, Hernández LM, Sargent P, Segal S, Granger DA. Anabolic hormone profiles in elite military men. *Steroids.* 2016;110:41–8.

4. Haupt S, Eckstein ML, Wolf A, Zimmer RT, Wachsmuth NB, Moser O. Eat, Train, Sleep—Retreat? Hormonal Interactions of Intermittent Fasting, Exercise and Circadian Rhythm. *Biomol.* 2021;11(4):516.
5. Luigi LD, Romanelli F, Sgrò P, Lenzi A. Andrological aspects of physical exercise and sport medicine. *Endocrine.* 2012;42(2):278–84.
6. Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. *Sports Med.* 2010;40(12):1037–53.
7. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Med.* 2005;35(4):339–61.
8. MUNCK A, GUYRE PM, HOLBROOK NJ. Physiological Functions of Glucocorticoids in Stress and Their Relation to Pharmacological Actions*. *Endocr Rev.* 1984;5(1):25–44.
9. Nagaya N, Herrera AA. Effects of testosterone on synaptic efficacy at neuromuscular junctions in a sexually dimorphic muscle of male frogs. *J Physiology.* 1995;483(1):141–53.
10. Fahrner C, Hackney A. Effects of Endurance Exercise on Free Testosterone Concentration and the Binding Affinity of Sex Hormone Binding Globulin (SHBG). *Int J Sports Med.* 1998;19(01):12–5.
11. MacKelvie KJ, Taunton JE, McKay HA, Khan KM. Bone mineral density and serum testosterone in chronically trained, high mileage 40–55 year old male runners. *Brit J Sport Med.* 2000;34(4):273.
12. Bricout V-A, Serrurier BD, Bigard AX, Guezennec CY. Effects of hindlimb suspension and androgen treatment on testosterone receptors in rat skeletal muscles. *Eur J Appl Physiol O.* 1999;79(5):443–8.
13. Bamman MM, Shipp JR, Jiang J, Gower BA, Hunter GR, Goodman A, et al. Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *Am J Physiol-endoc M.* 2001;280(3):E383–90.
14. Friedl KE, Dettori JR, Hannan CJ, Patience TH, Plymate SR. Comparison of the effects of high dose testosterone and 19-nortestosterone to a replacement dose of testosterone on strength and body composition in normal men. *J Steroid Biochem Mol Biology.* 1991;40(4–6):607–IN6.
15. Häkkinen K, Pakarinen A, Alén M, Komi PV. Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *Eur J Appl Physiol O.* 1985;53(4):287–93.
16. Hakkinen K, Pakarinen A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *J Appl Physiol.* 1993;74(2):882–7.
17. Ratamess NA, Kraemer WJ, Volek JS, Maresh CM, VanHeest JL, Sharman MJ, et al. Androgen receptor content following heavy resistance exercise in men. *J Steroid Biochem Mol Biology.* 2005;93(1):35–42.
18. Duclos M, Minkhar M, Sarrieau A, Bonnemaïson D, Manier G, Mormede P. Reversibility of endurance training-induced changes on glucocorticoid sensitivity of monocytes by an acute exercise. *Clin Endocrinol.* 1999;51(6):749–56.
19. Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D. Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol.* 2003;94(3):869–75.

20. Cadegiani FA, Kater CE. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. *Bmc Sports Sci Medicine Rehabilitation*. 2017;9(1):14.
21. Suarez-Arrones L, Arenas C, López G, Requena B, Terrill O, Mendez-Villanueva A. Positional Differences in Match Running Performance and Physical Collisions in Men Rugby Sevens. *Int J Sport Physiol*. 2014;9(2):316–23.
22. Couderc A, Thomas C, Lacombe M, Piscione J, Robineau J, Delfour-Peyrethon R, et al. Movement Patterns and Metabolic Responses During an International Rugby Sevens Tournament. *Int J Sport Physiol*. 2017;12(7):901–7.
23. Ross A, Gill ND, Cronin JB. Comparison of the Anthropometric and Physical Characteristics of International and Provincial Rugby Sevens Players. *Int J Sport Physiol*. 2015;10(6):780–5.
24. Clarke AC, Anson JM, Pyne DB. Game movement demands and physical profiles of junior, senior and elite male and female rugby sevens players. *J Sport Sci*. 2016;35(8):1–7.
25. Higham DG, Pyne DB, Anson JM, Eddy A. Physiological, Anthropometric, and Performance Characteristics of Rugby Sevens Players. *Int J Sport Physiol*. 2013;8(1):19–27.
26. Suarez-Arrones LJ, Nuñez FJ, Portillo J, Mendez-Villanueva A. Running Demands and Heart Rate Responses in Men Rugby Sevens. *J Strength Cond Res*. 2012;26(11):3155–9.
27. Ross A, Gill N, Cronin J. The match demands of international rugby sevens. *J Sport Sci*. 2015;33(10):1035–41.
28. Higham DG, Pyne DB, Anson JM, Hopkins WG, Eddy A. Comparison of Activity Profiles and Physiological Demands Between International Rugby Sevens Matches and Training. *J Strength Cond Res*. 2016;30(5):1287.
29. Ball S, Halaki M, Orr R. Movement Demands of Rugby Sevens in Men and Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Strength Cond Res*. 2019;33(12):3475–90.
30. Bermon S, Garnier PY, Hirschberg AL, Robinson N, Giraud S, Nicoli R, et al. Serum Androgen Levels in Elite Female Athletes. *J Clin Endocrinol Metabolism*. 2014;99(11):4328–35.
31. Higham DG, Pyne DB, Anson JM, Eddy A. Movement patterns in rugby sevens: Effects of tournament level, fatigue and substitute players. *J Sci Med Sport*. 2012;15(3):277–82.
32. Rienzi E, Reilly T, Malkin C. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of Rugby Sevens players. *J Sports Medicine Phys Fit*. 1999;39(2):160–4.
33. Takahashi I, Umeda T, Mashiko T, Chinda D, Oyama T, Sugawara K, et al. Effects of rugby sevens matches on human neutrophil-related non-specific immunity. *Brit J Sport Med*. 2007;41(1):13.
34. Takarada Y. Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *Brit J Sport Med*. 2003;37(5):416.
35. Smart DJ, Gill ND, Beaven CM, Cook CJ, Blazeovich AJ. The relationship between changes in interstitial creatine kinase and game-related impacts in rugby union. *Brit J Sport Med*. 2008;42(3):198.

36. Cook CJ, Crewther BT. The effects of different pre-game motivational interventions on athlete free hormonal state and subsequent performance in professional rugby union matches. *Physiol Behav.* 2012;106(5):683–8.
37. Crewther BT, Lowe T, Weatherby RP, Gill N. Prior sprint cycling did not enhance training adaptation, but resting salivary hormones were related to workout power and strength. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105(6):919.
38. Crewther BT, Cook CJ, Gaviglio CM, Kilduff LP, Drawer S. Baseline Strength Can Influence the Ability of Salivary Free Testosterone to Predict Squat and Sprinting Performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(1):261–8.
39. Bouaziz T, Makni E, Passelergue P, Tabka Z, Lac G, Moalla W, et al. Multifactorial monitoring of training load in elite rugby sevens players: cortisol/cortisone ratio as a valid tool of training load monitoring. *Biol Sport.* 2016;33(3):231–9.
40. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. Biochemical and Endocrine Responses to Impact and Collision During Elite Rugby League Match Play. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1553–62.
41. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. Creatine Kinase and Endocrine Responses of Elite Players Pre, During, and Post Rugby League Match Play. *J Strength Cond Res.* 2010;24(11):2908–19.
42. mclellan2011-2.pdf. n.d.;
43. Crewther BT, Cook CJ, Lowe TE, Weatherby RP, Gill N. The Effects of Short-Cycle Sprints on Power, Strength, and Salivary Hormones in Elite Rugby Players. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):32–9.
44. Cook CJ, Crewther BT. Changes in salivary testosterone concentrations and subsequent voluntary squat performance following the presentation of short video clips. *Horm Behav.* 2012;61(1):17–22.
45. Gaviglio CM, Crewther BT, Kilduff LP, Stokes KA, Cook CJ. Relationship Between Pregame Concentrations of Free Testosterone and Outcome in Rugby Union. *Int J Sport Physiol.* 2014;9(2):324–31.
46. Crewther B, Carruthers J, Kilduff L, Sanctuary C, Cook C. Temporal associations between individual changes in hormones, training motivation and physical performance in elite and non-elite trained men. *Biol Sport.* 2016;33(3):215–21.
47. Gabbett TJ. Quantifying the Physical Demands of Collision Sports. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2319–22.
48. Herbst KL, Bhasin S. Testosterone action on skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr.* 2004;7(3):271–7.
49. Storer TW, Woodhouse L, Magliano L, Singh AB, Dzekov C, Dzekov J, et al. Changes in Muscle Mass, Muscle Strength, and Power but Not Physical Function Are Related to Testosterone Dose in Healthy Older Men. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56(11):1991–9.
50. Finkelstein JS, Lee H, Burnett-Bowie S-AM, Pallais JC, Yu EW, Borges LF, et al. Gonadal Steroids and Body Composition, Strength, and Sexual Function in Men. *New Engl J Medicine.* 2013;369(11):1011–22.
51. Mazur A. Biosocial Model of Status in Face-to-Face Primate Groups. *Procedia - Soc Behav Sci.* 2013;84:53–6.

52. Smart DJ, Hopkins WG, Gill ND. Differences and Changes in the Physical Characteristics of Professional and Amateur Rugby Union Players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(11):3033–44.
53. Passelegue P, Robert A, Lac G. Salivary Cortisol and Testosterone Variations during an Official and a Simulated Weight-Lifting Competition. *Int J Sports Med.* 1995;16(05):298–303.
54. Mitchell JA, Pumpa KL, Williams KJ, Pyne DB. Variable Changes in Body Composition, Strength and Lower-Body Power During an International Rugby Sevens Season. *J Strength Cond Res.* 2016;30(4):1127–36.
55. Schuster J, Howells D, Robineau J, Couderc A, Natera A, Lumley N, et al. Physical-Preparation Recommendations for Elite Rugby Sevens Performance. *Int J Sport Physiol.* 2018;13(3):255–68.
56. Fry AC, Schilling BK, Fleck SJ, Kraemer WJ. Relationships Between Competitive Wrestling Success and Neuroendocrine Responses. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):40–5.
57. Filaire E, Sagnol M, Ferrand C, Maso F, Lac G. Psychophysiological stress in judo athletes during competitions. *J Sports Medicine Phys Fit.* 2001;41(2):263–8.
58. Curl C, Delbridge L, Canny B, Wendt I. Testosterone modulates cardiomyocyte Ca²⁺ handling and contractile function. *Physiol Res.* 2009;58(2):293–7.
59. Bonifazi M, Ginanneschi F, Volpe R della, Rossi A. Effects of gonadal steroids on the input–output relationship of the corticospinal pathway in humans. *Brain Res.* 2004;1011(2):187–94.
60. Crewther BT, Potts N, Kilduff LP, Drawer S, Cook CJ. Can salivary testosterone and cortisol reactivity to a mid-week stress test discriminate a match outcome during international rugby union competition? *J Sci Med Sport.* 2018;21(3):312–6.
61. Stupnicki R, Obmiński Z, Klusiewicz A, Viru A. Pre-exercise serum cortisol concentration and responses to laboratory exercise. *Eur J Appl Physiol O.* 1995;71(5):439–43.
62. Sedliak M, Finni T, Cheng S, Kraemer WJ, Häkkinen K. Effect of Time-of-Day-Specific Strength Training on Serum Hormone Concentrations and Isometric Strength in Men. *Chronobiol Int.* 2009;24(6):1159–77.
63. Brooks BP, Merry DE, Paulson HL, Lieberman AP, Kolson DL, Fischbeck KH. A Cell Culture Model for Androgen Effects in Motor Neurons. *J Neurochem.* 1998;70(3):1054–60.
64. Alén M, Pakarinen A, Häkkinen K, Komi P. Responses of Serum Androgenic-Anabolic and Catabolic Hormones to Prolonged Strength Training. *Int J Sports Med.* 1988;09(03):229–33.
65. KROTKIEWSKI M, KRAL JG, KARLSSON J. Effects of castration and testosterone substitution on body composition and muscle metabolism in rats. *Acta Physiol Scand.* 1980;109(3):233–7.
66. Peñailillo LE, Escanilla FA, Jury ER, Castro-Sepulveda MA, Deldicque L, Zbinden-Foncea HP. Differences in salivary hormones and perception of exertion in elite women and men volleyball players during tournament. *J Sports Medicine Phys Fit.* 2018;58(11).
67. Castro-Sepulveda M, Ramirez-Campillo R, Abad-Colil F, Monje C, Peñailillo L, Cancino J, et al. Basal Mild Dehydration Increase Salivary Cortisol After a Friendly Match in Young Elite Soccer Players. *Front Physiol.* 2018;9:1347.

68. Castro-Sepúlveda M, Astudillo S, Álvarez C, Zapata-Lamana R, Zbinden-Foncea H, Ramírez-Campillo R, et al. [PREVALENCE OF DEHYDRATION BEFORE TRAINING IN PROFESSIONAL CHILEAN SOCCER PLAYERS]. *Nutrición Hosp.* 2015;32(1):308–11.
69. Elias M. Serum cortisol, testosterone, and testosterone-binding globulin responses to competitive fighting in human males. *Aggressive Behav.* 1981;7(3):215–24.
70. Fry AC, Kraemer WJ. Resistance Exercise Overtraining and Overreaching. *Sports Med.* 1997;23(2):106–29.
71. Hayes L, Sculthorpe N, Cunniffe B, Grace F. Salivary Testosterone and Cortisol Measurement in Sports Medicine: a Narrative Review and User?s Guide for Researchers and Practitioners. *Int J Sports Med.* 2016;37(13):1007–18.