

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL TENIS

Resumen

Ante el creciente número de practicantes del tenis, impulsado en gran medida por un cada vez mayor número de jugadores que alcanzan el nivel profesional y por la popularidad que de ello deriva a través de los medios de comunicación, hemos creído interesante definir el perfil fisiológico del tenista, profundizando en la fisiología del ejercicio aplicada este deporte.

Hemos realizado un análisis de las vías implicadas en el aporte de energía durante el entrenamiento y la competición, así como de otras cualidades físicas no menos relevantes como son la fuerza muscular (en sus diferentes modalidades) y la flexibilidad, mediante la aplicación de tests tanto en el laboratorio de fisiología como en el propio terreno de juego, en un intento de mayor aproximación a las condiciones reales de competición.

De todo ello se desprenden unos resultados con los que pretendemos complementar la valoración de la evolución y adaptación al entrenamiento de cada jugador, así como para la selección de los jugadores más jóvenes durante su fase de formación mediante la predicción de la evolución de las cualidades analizadas, evidentemente nunca de forma aislada, sino en estrecha colaboración con el nivel técnico y táctico del individuo en cuestión, evaluado por sus respectivos preparadores y entrenadores.

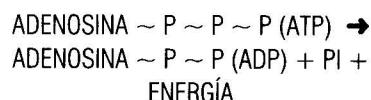
Palabras clave: perfil, percentil, valoración, fisiológico.

Aspectos fisiológicos del tenis

El tenis es un deporte que requiere de una actividad motora compleja y adaptativa, alternándose de forma aleatoria períodos variables de trabajo con pausas. Las acciones más relevantes se realizan a alta intensidad y son de menor duración. Por ello, es un deporte en el que participan diferentes vías metabólicas, siendo fundamentalmente un deporte de base aeróbica con participación puntual de las vías anaeróbicas, fundamentalmente anaeróbicas alácticas, aunque la intensidad de los puntos en juego determinará la mayor o menor acumulación láctica.

Para que se produzca la contracción muscular es necesario el aporte continuado de energía a la fibra muscu-

lar. De la misma manera, se requieren un aporte de energía adicional para su relajación. Esta energía proviene siempre en último término del ATP (adenosín-trifosfato), mediante la hidrólisis del último enlace fosfato de alta energía:



Durante un partido de tenis, el aporte de energía a las fibras musculares viene dado predominantemente por las vías aeróbicas, como se aprecia en la tabla 1 de frecuencias cardíacas.

Vías aeróbicas

Son vías relativamente lentas, pues requieren la activación de las vías *oxidativas* en la fibra muscular, constituidas por un número considerable de reacciones metabólicas intermedias. La oxidación de los substratos (fundamentalmente

PARTIDO	ACCIÓN	FC (MEDIA)
21.4 %	JUEGO	155-163 (MÁX. 178 - 180 / MÍN. 147 - 151)
68.7 %	ENTRE PUNTOS	132 - 140
9.9 %	SENTADO	< 120

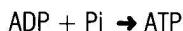
LACTACEMIA POST-ESFUERZO (MEDIA): 2-5 mmol/l.

Tabla 1. Evolución de la frecuencia cardíaca durante un partido de tenis (FCT, 1992)

PERCENTIL	VO ₂ MÁX. (ml/kg/min.)	
	MASCULINO	FEMENINO
3	53.83	50.01
10	57.03	52.48
20	59.37	54.28
30	61.07	55.59
40	62.52	56.70
50	63.87	57.74
60	65.22	58.78
70	66.67	59.89
80	68.37	61.20
95	72.65	64.50

Tabla 2. Consumo máximo de oxígeno en tenistas.
(Federació Catalana de Tennis, 1992)

glucosa y ácidos grasos) libera energía utilizable para la resíntesis de ATP:



Tras las fases iniciales de esfuerzo, los lípidos suministran la mayor parte de energía que el músculo precisa, especialmente en trabajos prolongados de intensidad submáxima. El entrenamiento de tipo aeróbico favorece la utilización de ácidos grasos por el músculo e incrementa la capacidad de movilización de las reservas grasas.

El potencial de suministro energético es elevado, y sólo es agotable en contracciones intensas y sostenidas.

Para el mantenimiento del metabolismo aeróbico, debe asegurarse el suficiente aporte de O₂ y substratos al músculo activo, lo que implica, además, adaptaciones endocrinas, neurovegetativas, cardiovasculares y respiratorias.

Potencia aeróbica máxima

La capacidad del organismo para realizar un trabajo de larga duración depende de la posibilidad de aportar, transportar y utilizar el oxígeno. La potencia aeróbica máxima refleja la

máxima cantidad de O₂ que el organismo puede extraer del aire y utilizar en los tejidos por unidad de tiempo. El parámetro indicador es el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx), expresado en valores absolutos (l/min) o relativos al peso corporal (ml/Kg/min). Los valores que se pueden observar para el deporte del tenis aparecen en la tabla 2.

Resistencia aeróbica máxima

Es la capacidad para mantener un esfuerzo durante un tiempo prolongado (entre 10 minutos y varias horas). Quien tiene un mecanismo aeróbico más eficiente paga más rápidamente la deuda de oxígeno contraída en los momentos de máximo esfuerzo y puede, por tanto, mantener durante más tiempo la mejor eficacia.

Durante un ejercicio dinámico progresivo, el VO₂ aumenta linealmente con el incremento de las cargas de trabajo, aumentando también la lacacidemia y la ventilación pulmonar. Analizando el comportamiento en el tenista de los parámetros derivados del intercambio de gases y de la lacacidemia durante un esfuerzo progresivo, observamos también una

zona de transición entre un ejercicio predominantemente aeróbico y el inicio de una importante participación del metabolismo anaeróbico.

Esta zona de transición constituye el denominado umbral anaeróbico, y es el mejor indicador de la resistencia aeróbica. Corresponde a la potencia de trabajo, valorada en VO₂ y expresada en porcentaje respecto del VO₂ máx, a partir de la cual el metabolismo aeróbico se hace insuficiente para satisfacer las demandas energéticas derivadas de la contracción obligando a recurrir a las fuentes anaeróbicas adicionales de suministro.

El umbral anaeróbico puede ser estimado por diferentes métodos: umbral anaeróbico ventilatorio, umbral anaeróbico basado en el cociente respiratorio, V-slope de Wasserman, umbral anaeróbico lactacidémico, umbral anaeróbico según la frecuencia cardíaca.

Procedencia de los substratos durante el juego

Glucosa:

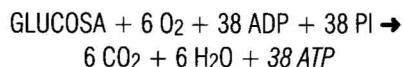
- de origen muscular: almacenada en forma de glucógeno.
- de origen hepático: almacenada en forma de glucógeno o bien sintetizada a partir de otros substratos (lactato, piruvato, algunos aminoácidos, y glicerol procedente de la degradación de ácidos grasos).
- ingerida durante la ejecución del ejercicio (por ejemplo bebidas isotónicas).

Ácidos grasos:

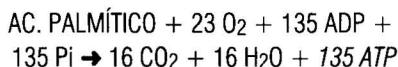
- almacenados en el músculo (reserva minoritaria, pero de utilización inmediata).
- almacenados en el tejido adiposo.

Mediante la *glucolisis aeróbica*, la glucosa es oxidada por completo hasta CO₂ y H₂O en presencia de oxígeno,

obteniéndose una elevada producción de energía:



Los ácidos grasos solamente pueden ser oxidados por vía aeróbica, mediante la oxidación, hasta CO_2 y H_2O , originando además productos intermedios que se incorporarán en las vías de metabolismo de los hidratos de carbono. Su rendimiento energético es muy superior al de la glucosa:



1 gramo de glucosa proporciona 4 Kcal, mientras que 1 gramo de ácidos grasos proporciona 9 Kcal. Por ello los ácidos grasos se utilizan como principal forma de almacenamiento calórico, pues pueden almacenar un potencial energético elevado en un peso relativamente escaso.

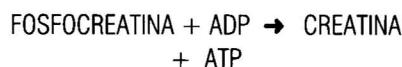
Vías anaeróbicas

Metabolismo anaeróbico aláctico

El contenido en ATP de la fibra muscular es muy pequeño, lo que solamente permite asegurar el suministro de energía a un jugador durante cortos períodos de tiempo (2 a 5 segundos, según la intensidad de la contracción). Si la contracción debe mantenerse más allá en el tiempo, es imprescindible reponer continuamente las reservas de ATP.

Una vía rápida de resíntesis del ATP, prácticamente inmediata, viene dada por la transferencia de fosfatos de alta energía procedentes de la *fosfocreatina*. La fosfocreatina constituye una forma de almacenamiento de fosfatos de alta energía, susceptibles de ser rá-

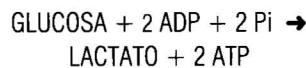
pidamente transferidos al ADP (adenosín-difosfato):



Las reservas musculares de fosfocreatina son limitadas, aunque 5 veces superiores a las de ATP, pudiendo proporcionar energía hasta los 8 a 10 primeros segundos desde el inicio de la contracción. La restitución de las reservas de fosfocreatina se lleva a cabo por el proceso inverso, cuando el nivel de ATP aumenta lo suficiente, generalmente durante las fases de recuperación.

Metabolismo anaeróbico láctico: glucolisis anaeróbica

La glucosa es metabolizada sin la intervención de O_2 , obteniendo lactato como producto final, y con un rendimiento energético mucho menor:



El lactato formado durante el entrenamiento o la competición, será en su mayor parte transportado vía sanguínea al hígado, donde será utilizado para la resíntesis de glucosa. También puede ser utilizado en la propia fibra muscular como fuente de energía.

Las vías anaeróbicas lácticas únicamente pueden utilizar glucosa como substrato. Debido a que el contenido muscular de glucógeno es pequeño, puede agotarse rápidamente. Las reservas de glucógeno hepático son superiores, pero no siempre se encuentran a disposición de la fibra muscular cuando debe trabajar en condiciones de anaerobiosis.

Un ejercicio anaeróbico no puede prolongarse durante mucho tiempo porque por su baja rentabilidad origina un rápido consumo de las reservas de glucógeno, y porque disminuye el

pH intracelular originando inactivación de los enzimas oxidativos, así como alteraciones en la permeabilidad de la membrana celular, conduciendo rápidamente a la fatiga muscular. Las actuales técnicas de entrenamiento en pista inciden sobre la lactacidemia, de forma que para una misma potencia de trabajo el sujeto entrenado produce menos lactato (por ello el análisis de la lactacidemia puede servir para la valoración del entrenamiento), y la tolerancia muscular al lactato aumenta (pudiendo soportar potencias de trabajo superiores).

Capacidad y potencia anaeróbicas

En ejercicios de corta duración la transferencia de energía depende de los sistemas anaeróbicos: metabolismo anaeróbico aláctico (ATP y fosfocreatina), y metabolismo anaeróbico láctico, que expresa la utilización máxima de fosfatos de alta energía y del glucógeno, y está limitada por las reservas de fosfágenos (*capacidad anaeróbica aláctica*) y por las reservas musculares de glucógeno (*capacidad anaeróbica láctica*). La velocidad máxima de utilización de estas reservas indica la *potencia anaeróbica aláctica y láctica*, respectivamente.

La capacidad y potencia anaeróbicas son determinantes en actividades que, por su duración, requieran un aporte de energía de origen anaeróbico importante:

- Actividades de potencia: golpes.
- Actividades anaeróbicas lácticas: puntos.
- Actividades aeróbicas-anaeróbicas máximas: juegos.
- Actividades aeróbicas-anaeróbicas alternas: partidos.

En condiciones normales, un tenista no llega a nivel de tolerancia anaeróbica láctica, y, excepcionalmente, el jugador

PERCENTIL	POTENCIA ANAERÓBICA 30"	
	CADETE	INFANTIL
3	100.67	105.59
10	104.76	110.11
20	107.76	113.42
30	109.93	115.82
40	111.78	117.86
50	113.50	119.77
60	115.23	121.68
70	117.07	123.72
80	119.24	126.12
95	124.72	132.17

Tabla 3. Test de Wingate en tenistas. (Federació Catalana de Tennis, 1992)

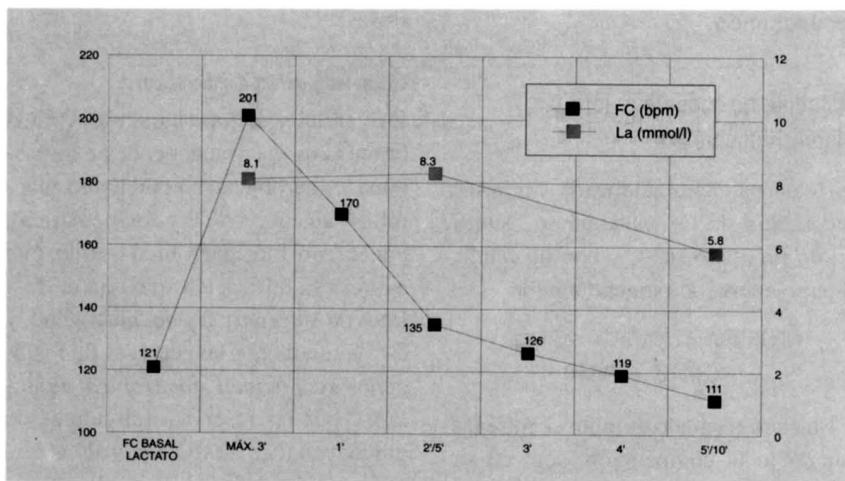


Gráfico 1. Test de campo SV 200

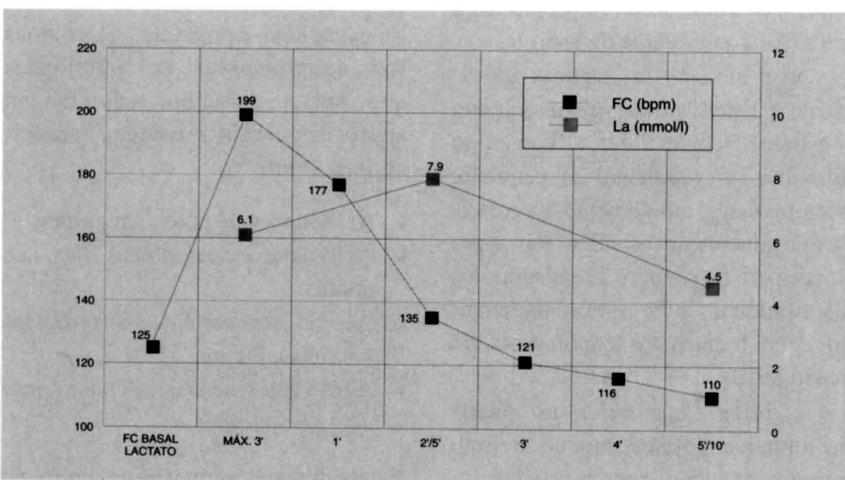


Gráfico 2. Test de campo SV 200

sólo llega a un grado de fatigabilidad extrema en situaciones de desventaja. En el laboratorio de esfuerzo analizamos las características anaeróbicas del jugador, observando su respuesta en el test de Wingate, durante 30 segundos. Los valores de la tabla 3 han sido utilizados con criterios selectivos de detección de estas cualidades en jugadores novedos.

Mediante el análisis seriado de lactacidemias post-esfuerzo, tanto en competición como en entrenamientos, comprobamos el predominio del metabolismo aeróbico, deducido de los valores de lactato obtenidos, no mucho más elevados que los valores básales. Solamente se obtuvieron valores de lactato más elevados (aunque siempre alrededor de 4 mmol/l) después de un test específico de campo (máxima exigencia física, similitud a las situaciones reales de juego, y en que se alcanzan límites de esfuerzo difícilmente apreciables en competición). Datos asimismo contrastados con el registro por telemetría de FC y pruebas de esfuerzo en laboratorio para la determinación individual del umbral anaeróbico (para descartar la posible influencia de la cinética del *clearance* del ácido láctico), confirmando de esta manera la escasa participación de las vías anaeróbicas lácticas en el tenis, sobre todo para jugadores jóvenes (tabla 4).

En tests de campo (SV 200) aplicados a jugadores profesionales de tenis hemos extraído algunos resultados gráficos de la respuesta láctica y de frecuencia cardíaca (gráficos 1 y 2) que demuestran la posibilidad de participación de la vía anaeróbica láctica, sobre todo en lo que hace referencia a la tolerancia al lactato durante la competición.

Fuerza muscular

Los indicadores de fuerza en un jugador son de 3 tipos:

1. Indicadores básicos, como la *fuerza máxima*, la *fuerza media* de un determinado movimiento, o el *momento de una fuerza*.
2. Indicadores integrales o *impulsos de fuerza*, muy significativos en actividades de impacto o golpeo.
3. Indicadores diferenciales o *gradientes de fuerza* (relación fuerza-tiempo), que reflejan el nivel de desarrollo de la fuerza explosiva.

En la tabla 5 se expresan los valores dinamométricos de laboratorio, tanto absolutos como relativos al peso corporal.

Para la evaluación de la fuerza del tenista y su progresión podemos utilizar, por ser fácilmente asequibles, los niveles de fuerza máxima isométrica de ambas manos, grupos musculares dorso-lumbares y extremidades inferiores. Indudablemente, los niveles obtenidos deben ser considerados siempre en función de la edad biológica del tenista. Es un error importante fundamentar los éxitos deportivos únicamente en los niveles de fuerza de un jugador. Por tanto, debemos rechazar la idea de un tenista "fuerte" fuera de su ciclo de desarrollo. Los valores descritos representan fielmente los criterios de mejora, solamente con el entrenamiento físico y técnico, y también la corpulencia innata del jugador. Por ello, es interesante la utilización de un índice dinamométrico relativo al peso corporal del jugador, y que refleja de forma más fidedigna las modificaciones originadas por el crecimiento y desarrollo, y por el entrenamiento (evolución individual), de la misma forma que facilita la comparación interindividual (tabla 5).

Flexibilidad

La flexibilidad es el conjunto de cualidades morfológicas y funcionales que

INTENSIDAD EJERCICIO	TIEMPO MUESTRA (POST-ESFUERZO)		
	1'	3'	35'
Competición			
Valores medios	1.6	1.4	1.3
Valores extremos	3.7	2.7	1.2
Entrenamientos			
Intensidad media	1.2	1.2	1.1
Intensidad elevada	1.4	1.4	1.1
Intensidad alta (Test de campo)	4.6	4.5	4.3

Tabla 4. Lactacidemias en tenistas (mmol/l)
(Federació Catalana de Tennis, 1992)

PERCENTIL	ABSOLUTO (Kp)		RELATIVO (Kp/Kg)	
	CADETE	INFANTIL	CADETE	INFANTIL
3	267.81	185.65	5.99	4.94
10	324.20	243.85	6.47	4.96
20	365.46	286.42	6.76	6.61
30	395.35	317.27	6.95	7.05
40	420.82	343.55	7.08	7.39
50	444.60	368.09	7.21	7.68
60	468.38	392.63	7.32	7.98
70	493.85	418.91	7.44	8.26
80	523.74	449.76	7.56	8.57
95	599.21	527.64	7.83	9.29

Tabla 5. Índices dinamométricos
(Federació Catalana de Tennis, 1992)

garantizan la amplitud de los movimientos. Esta cualidad física se identifica con la movilidad articular, una de las premisas indispensables para el perfeccionamiento técnico, ya que una movilidad articular insuficiente limita la manifestación de las cualidades de fuerza, velocidad, y coordinación intramuscular y entre agonistas y antagonistas, y disminuye el rendimiento del trabajo.

Cada disciplina presenta sus exigencias particulares en materia de flexibilidad: es un factor de rendimiento importante en algunos deportes (por ejemplo gimnasia), en otros la importancia recae en determinadas articulaciones (por ejemplo tenis, natación, deportes de equipo), y en otros deportes es una cualidad con menor importancia (por ejemplo ciclismo).

La flexibilidad permite un mejor aprovechamiento del componente elástico muscular, de gran incidencia en los movimientos de gran velocidad de ejecución, ya que la mayor amplitud de movimientos favorece la utilización de la energía almacenada por éste al inicio del movimiento, y permite imponer las cargas hasta en los ángulos extremos del arco del movimiento.

Es fundamental tener en cuenta que cualquier actividad deportiva exige un mínimo de flexibilidad, puesto que desempeña un papel activo en la prevención de lesiones, pues facilita el calentamiento muscular y la preparación para el trabajo, constituyendo además un medio efectivo de recuperación y relajación tras el trabajo muscular.

METABOLISMO AERÓBICO	
ÍNDICE ERGOMÉTRICO	4.50±0.34
PWC 170	4.03±0.31
VO ₂ MÁX.	♂: 63.87±5.02 ♀: 57.74±3.86
METABOLISMO ANAERÓBICO (TEST DE WINGATE)	
POTENCIA ANAERÓBICA 30"	CADETE: 113.50±6.41 INFANTIL: 119.77±7.09
DINAMOMETRÍA	
ÍNDICE DINAMOMÉTRICO	CADETE: 7.21±0.61 INFANTIL: 7.68 ±1.37

Tabla 6. Perfil fisiológico de tenistas jóvenes
(Federació Catalana de Tennis, 1992)

Perfil fisiológico del tenista

La valoración fisiológica del tenista la podemos llevar a cabo en el laboratorio de fisiología del esfuerzo (ergometría) o en la propia pista (tests de campo). En el laboratorio de esfuerzo, las variables que determinan los resultados se encuentran bajo control estricto (ambiente, instrumentos de medición, ergómetros, etc), por lo que las pruebas son generalmente más precisas y fiables. En contrapartida, en el terreno de juego las variables son de más difícil control, pero los tests son más específicos, ya que el jugador se encuentra en el ambiente donde está habituado a rendir, y la actividad se realiza con sus características temporales y de intensidad propias, y especialmente con sus características biomecánicas específicas.

En los controles realizados en tenistas en laboratorio, podemos observar los resultados reflejados en la tabla 6. En la prueba de esfuerzo para la valoración del metabolismo aeróbico (prueba triangular sobre cicloergómetro, progresiva, máxima, y con análisis de los gases espirados), valoramos el consu-

mo máximo de oxígeno (habiéndolo obtenido valores que contrastan con la idea general de niveles bajos en el tenis, en comparación con otros deportes), el índice ergométrico máximo (vatos movilizados en el cicloergómetro en relación al peso corporal), y la PWC 170 (como reflejo de la resistencia física del jugador). El test de Wingate (valoración del metabolismo anaeróbico) nos dará una idea del grado de explosividad del tenista, siendo interesante determinar el índice de fatiga (especialmente para juegos largos en tierra batida) y la potencia anaeróbica en los primeros 5 segundos del test, además de la potencia anaeróbica media como reflejo indicativo de la capacidad anaeróbica. Y por último, observamos el índice dinamométrico, tanto en valores absolutos, como relativos al peso corporal.

Eficiencia del tenista

Dentro de la práctica del tenis debemos distinguir entre el tenis de formación y la práctica profesional. Esta última no está necesariamente relacionada con la

práctica remunerada, sino que ya podemos considerar como tenistas profesionales a algunos jugadores desde la categoría cadete (14 y 15 años), según sea su nivel deportivo.

Fase de formación

Durante este período el aumento de las cualidades fisiológicas es menos importante, en favor de la maduración y formación equilibrada, junto a la mejora de la técnica adquirida. En esta etapa existen períodos de descanso para de esta forma estructurarla en ciclos de entrenamiento. No debemos empeñarnos en cambiar las cualidades fisiológicas de forma brusca, sino aplicarles un correcto seguimiento.

Etapa profesional

En ella generalmente no existen períodos de descanso, combinándose la base física adquirida en las etapas previas junto a microciclos de entrenamiento. Los entrenamientos en esta etapa alcanzan intensidades y características equivalentes a las de la competición.

La eficiencia del tenista puede ser *funcional*, siendo progresiva en los jugadores más jóvenes y acumulativa en los profesionales, y *anatómica*, que será considerada como selectiva para los jóvenes y adaptativa para los profesionales (por ejemplo, relación de la talla con el saque o de la envergadura con el golpe de bolea).

Por otra parte, el aprovechamiento de las cualidades anatomo-funcionales en el tenis dependerá de la conjunción de otros factores técnico-tácticos, como el movimiento/juego de pies, aceleración del brazo, precisión y control, percepción de la trayectoria y velocidad de la pelota ("lectura de la bola"), entre otros.

Así pues, en el deporte del tenis hemos encontrado un campo de trabajo donde las características fisiológicas y anatómicas varían en función al aprendizaje de la técnica. De esta manera el tenis representa para nosotros uno de los mejores ejemplos para entender que la mejora deportiva dependerá del análisis multidisciplinario del jugador, y que los factores condicionantes del rendimiento en la pista no actúan separadamente.

Bibliografía

- ASTRAND, P.O., RODAHL, K. *Textbook of work physiology*. Mc Graw-Hill International Editions. 3^a Ed. New York, 1986.
- BARBANY CAIRÓ, J.R. *Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcanova. 1^a Ed. Barcelona, 1990.
- COUSTEAU, J.P. *Medicina del tenis*. Masson. 1^a Ed. Barcelona, 1984.
- GALIANO OREA, D. *La selección de talentos en tennis*. Paidotribo, 1^a Ed. Barcelona, 1992.
- GUILLET, R., et al. *Manual de Medicina del Deporte*. Masson. 2^a Ed. Barcelona, 1985. Mellerowicz H. Ergometría. Panamericana. 3^a Ed. Buenos Aires, 1984.
- PLATONOV, V.N. *El entrenamiento deportivo. Teoría y metodología*. Barcelona: Paidotribo, 1993.
- WASSERMAN, K., et al. *Principles of exercise testing and interpretation*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1987.