

Monograph

# La Capacidad Anaeróbica Puede No Estar Determinada por el Modelo de Potencia Crítica en Jugadores de Tenis de Mesa de Elite

Alessandro M Zagatto<sup>1,2</sup>, Marcelo Papoti<sup>2</sup> y Claudio A Gobatto<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Laboratory of Applied Physiology to Sport, UNESP, Rio Claro, Brazil.

## RESUMEN

El propósito del presente estudio fue verificar la aplicabilidad de la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) determinada a partir del modelo de potencia crítica en jugadores de tenis de mesa de elite. Ocho jugadores de tenis de mesa varones de nivel internacional participaron en el estudio. Los tests utilizados fueron: 1) test de frecuencia crítica utilizado para determinar la capacidad de trabajo anaeróbico; 2) test de Wingate utilizando ergómetros de piernas y brazos. La AWC correspondió a golpear  $99.5 \pm 29.1$  pelotas de tenis de mesa. La AWC no estuvo relacionada con la potencia pico ( $r = -0.25$ ), la potencia media ( $r = -0.02$ ), la potencia pico relativa ( $r = -0.49$ ) o la potencia media relativa ( $r = 0.01$ ) ni con el índice de fatiga ( $r = -0.52$ ) (test de Wingate en ergómetro de piernas). Correlaciones similares se observaron entre la potencia pico ( $r = -0.34$ ), la potencia media ( $r = -0.04$ ) la potencia pico relativa ( $r = -0.49$ ) la potencia media relativa ( $r = -0.14$ ) y la concentración pico de lactato sanguíneo ( $r = -0.08$ ) determinadas con el test de Wingate en el ergómetro de brazos y la AWC. En base a estos resultados se podría sugerir que la AWC determinada mediante el test modificado de potencia crítica no es un buen indicador de la capacidad anaeróbica en jugadores de tenis de mesa

**Palabras Clave:** capacidad anaeróbica, tenis de mesa, frecuencia crítica, test de Wingate, lactato

## INTRODUCCION

Los deportes jugados con raquetas o paletas están caracterizados por breves períodos de esfuerzos de alta intensidad seguidos por breves períodos de recuperación. Los esfuerzos de alta intensidad utilizan las fuentes de fosfatos de alta energía (PCr) como principal medio para la resíntesis energética (ATP) mientras que durante los períodos de recuperación predomina el suministro energético por vía aeróbica. La principal vía para la reposición de energía (ATP) durante el juego es la glucólisis (Zagatto, 2004).

La metodología de laboratorio para la medición de la potencia y la capacidad anaeróbica no está tan bien desarrollada como la metodología para medir las variables aeróbicas. Diversos enfoques metodológicos se han utilizado para la medición de la capacidad anaeróbica, incluyendo la deuda acumulada máxima de oxígeno (MAOD) (Hill and Smith, 1993), el test de Wingate en cicloergómetro (Beneke et al., 2002), el test de Wingate en ergómetros de brazos (Hawley and Williams, 1991) y la utilización de ergómetros para natación (Papoti et al., 2003; 2007). Sin embargo, muchos de estos protocolos requieren de equipamientos costosos y presentan limitaciones específicas para su aplicación en evaluaciones de

campo, especialmente con respecto a los deportes de raqueta.

El concepto de potencia crítica (critP) inicialmente desarrollado por Monod y Scherrer (1965) parece ser un modelo teórico apropiado, y es el único método que puede evaluar parámetros aeróbicos y anaeróbicos mediante procedimientos poco costosos no invasivos. Este método se basa en la relación hiperbólica entre las diferentes intensidades de ejercicio y sus respectivos tiempos hasta el agotamiento. Este modelo tiene un componente aeróbico denominado potencia crítica (critP) y un componente anaeróbico denominado capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) (Bishop et al., 1998). La AWC teóricamente representa un suministro finito de energía y es utilizado solo a intensidades mayores que la potencia crítica, de manera que la fatiga sería una consecuencia del agotamiento de la AWC (Bishop et al., 1998; Monod and Scherrer, 1965). Muchos autores consideran que la AWC es un índice de la capacidad anaeróbica (Bulbulian et al., 1996; Green et al., 1994; Hill and Smith, 1993; Papoti et al., 2003). Nebelsick-Gullet et al (1988) compararon la AWC determinada mediante el modelo de potencia crítica con el test de Wingate de 30 segundos y concluyeron que la AWC era una estimación válida de la capacidad anaeróbica. Green et al (1994) adaptaron el modelo al ejercicio en cicloergómetro corroborando estos hallazgos y confirmando que la AWC puede ser utilizada para estimar la capacidad anaeróbica. La posibilidad de adaptar el modelo de potencia crítica en estudios donde se utilizan diferentes ergómetros y con diferentes deportistas tales como ciclistas (Bishop et al., 1998), nadadores (Papoti et al., 2003), corredores (Bosquet et al., 2006) y jugadores de tenis de mesa (Zagatto and Gobatto, 2002; Zagatto, 2004), hace que este modelo sea extremadamente viable. A pesar de esto, en la mayoría de las adaptaciones del modelo de potencia crítica, solo el parámetro aeróbico ha sido validado. En contraste, el componente anaeróbico de la critP no ha sido validado (Dekerle et al., 2002; Papoti et al., 2005) haciendo que tenga menos aceptación entre los científicos del deporte.

El test de Wingate diseñado para cicloergómetro (Beneke et al., 2002) también ha sido adaptado para ser realizado en ergómetros de brazos (Hawley and Williams, 1991), ergómetros para natación (Papoti et al., 2003) y con otros protocolos; y ha sido utilizado para valorar la capacidad de los sistemas ATP-PCr y glucolítico en atletas (Vandewalle et al., 1987). Vandewalle et al (1987) ha mostrado que el pico de potencia obtenido con el test de Wingate representa la máxima tasa del sistema ATP-PCr y que la potencia media representa principalmente el sistema glucolítico o la "capacidad anaeróbica". Varios autores han confirmado la utilidad del test de Wingate para evaluar la capacidad anaeróbica (Beneke et al., 2002; Hawley and Williams, 1991); siendo ideal para evaluar la potencia en velocistas y saltadores y en la potencia en otros deportes tales como el tenis de mesa.

La utilización de un protocolo específico, no invasivo y de bajo costo para evaluar la capacidad anaeróbica en el tenis de mesa es de gran importancia ya que puede reproducir patrones motores específicos. Sin embargo, se requiere la confirmación de su validez. El propósito del presente estudio, por lo tanto, fue verificar la aplicabilidad de la AWC (modelo de la critP) al tenis de mesa. De esta manera, la AWC determinada mediante el test de potencia crítica (específicamente adaptado al tenis de mesa), fue correlacionada con variables obtenidas durante el test de Wingate con ergómetros de piernas y brazos. Nuestra hipótesis fue que la AWC (critP) puede ser utilizada para determinar la capacidad anaeróbica en jugadores de tenis de mesa.

## MÉTODOS

### Sujetos

Ocho hombres jugadores de tenis de mesa de nivel internacional (edad:  $18 \pm 3$  años, masa corporal:  $67.0 \pm 10.7$  kg, talla:  $1.76 \pm 0.10$  metros, grasa corporal:  $14.7 \pm 7.1\%$ , índice de masa corporal:  $21.7 \pm 2.9$  kg/m<sup>2</sup>) participaron en el estudio. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación del Instituto de Biociencia de la Universidad Estatal de San Pablo (UNESP), Rio Claro Campus, Brasil, y los atletas dieron su consentimiento informado antes de participar en las evaluaciones.

### Aproximación Experimental al Problema

El test de frecuencia crítica (critf) (modelo de potencia crítica adaptado al tenis de mesa) fue utilizado para determinar la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) en un test específico del tenis de mesa, y se utilizó el test de Wingate para cicloergómetro ( $W_{\text{cycle}}$ ) y para ergómetro de brazos ( $W_{\text{arm crank}}$ ) para determinar el pico de potencia (la mayor producción de potencia en los primeros 5 segundos) y la potencia media tanto absoluta como relativa (Watts, Watts/kg) en 30 segundos.

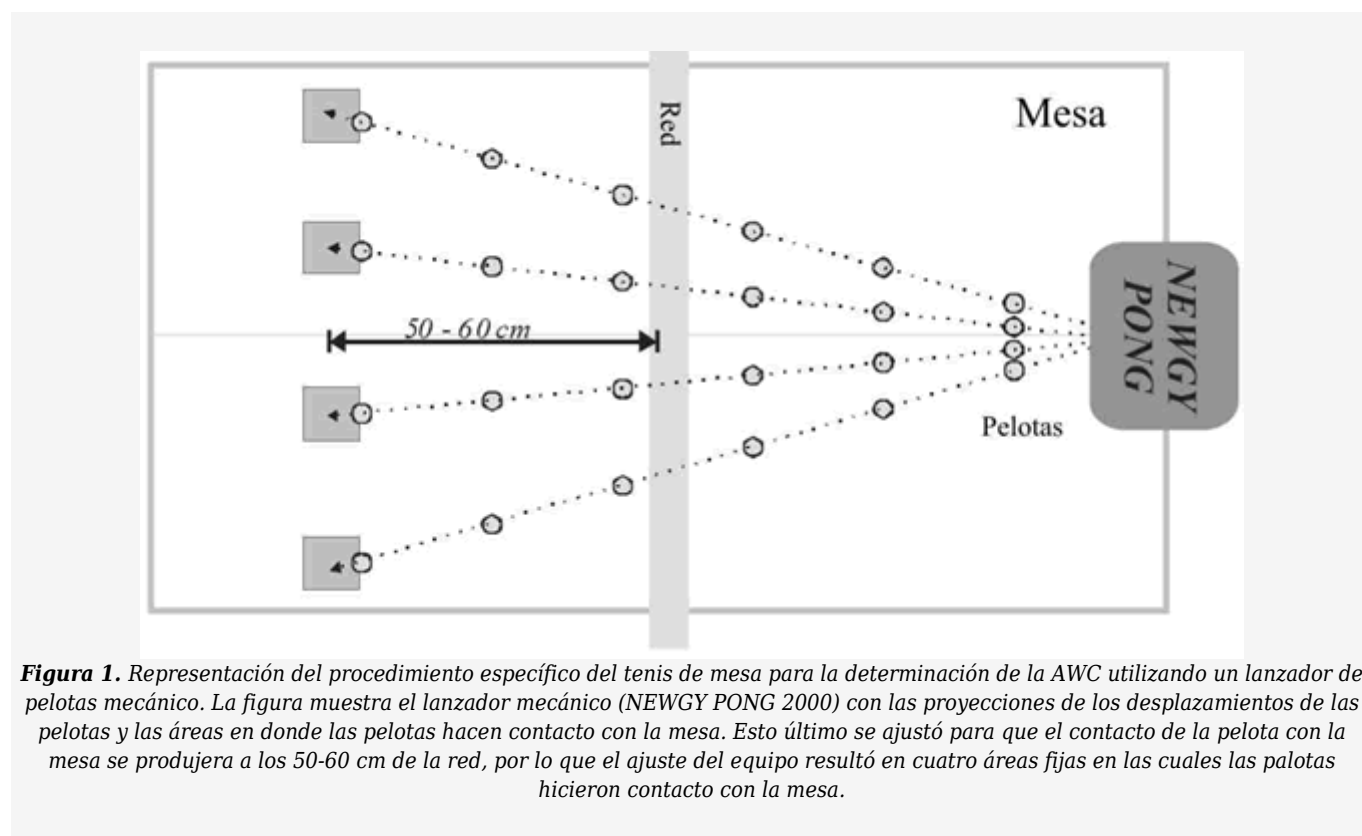
El test de critf fue llevado a cabo utilizando una mesa de tenis de mesa y un lanzador de pelotas mecánico; los test de Wingate fueron llevados a cabo en un cicloergómetro Monark 894-E (Monark, Sweden) ( $W_{\text{cycle}}$ ) y un ergómetro de brazos ( $W_{\text{arm crank}}$ ) Cybex UBE 2462 (Cybex, Owatonna, MN). Se estimuló a los sujetos verbalmente durante todos los tests para que

estos dieran su máximo esfuerzo (tests de Wingate). Entre los tests se introdujo un período de recuperación de 24 horas y las evaluaciones fueron llevadas a cabo en un período máximo de 2 semanas. Antes de cada test los ergómetros fueron utilizados para realizar una entrada en calor de intensidad moderada de 4 minutos de duración (35 pelotas/min para el test de frecuencia crítica, 85 Watts para el test en cicloergómetro y 49 Watts para el test en el ergómetro de brazos). Durante la entrada en calor (tests de Wingate) se realizaron esprints de 2-3 segundos al comienzo del 4<sup>o</sup> minuto. Los tests comenzaron cinco minutos después de finalizada la entrada en calor.

## Procedimientos

### *Descripción y Adaptación del Lanzador Mecánico, Utilizado en el Test de Frecuencia Crítica*

El lanzador mecánico NEWGY-PONG 2000 (Newgy, Canada) puede ajustarse entre 0 y 10 para el control de la velocidad, oscilación lateral de la pelota y frecuencia de lanzamiento. La oscilación lateral de la pelota (nivel 3) fue ajustada para que las pelotas fueran lanzadas a diferentes áreas de la mesa de tenis de mesa (entre las dos extremidades) de manera tal que la pelota contactara la mesa a los 50 y 60 cm de la red (Figura 1). La velocidad de lanzamiento se mantuvo constante en el Nivel 5. Solo se varió la frecuencia de lanzamiento para cada esfuerzo, por ello el término "test de frecuencia crítica". Para minimizar los efectos del aprendizaje, los participantes realizaron dos sesiones de familiarización (llevadas a cabo en días consecutivos) en las cuales se utilizó la misma velocidad y oscilación lateral que la utilizada en el test, pero con diferente frecuencia de lanzamiento. Cada sesión de familiarización tuvo una duración de 10 minutos.



**Figura 1.** Representación del procedimiento específico del tenis de mesa para la determinación de la AWC utilizando un lanzador de pelotas mecánico. La figura muestra el lanzador mecánico (NEWGY PONG 2000) con las proyecciones de los desplazamientos de las pelotas y las áreas en donde las pelotas hacen contacto con la mesa. Esto último se ajustó para que el contacto de la pelota con la mesa se produjera a los 50-60 cm de la red, por lo que el ajuste del equipo resultó en cuatro áreas fijas en las cuales las palotas hicieron contacto con la mesa.

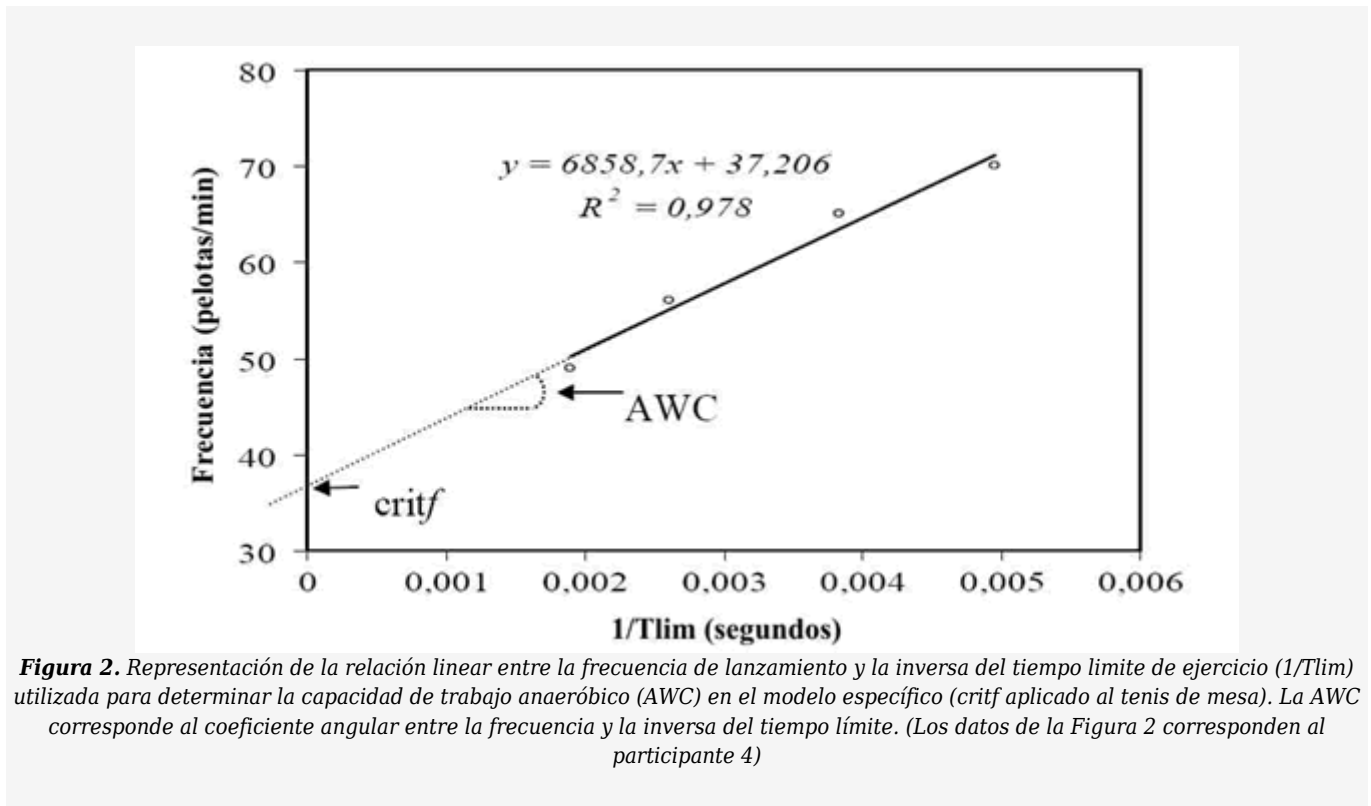
### *Test de Frecuencia Crítica para Determinar la Capacidad de Trabajo Anaeróbico en el Tenis de Mesa*

Los sujetos realizaron 3-4 series hasta el agotamiento (separadas por un período mínimo de recuperación de 2 horas y realizando no más de 2 series por día) con el lanzador mecánico simulando ataques de derecha a frecuencias de lanzamiento (intensidades) de aproximadamente 48, 56, 65 y 72 pelotas/min. Las pelotas fueron lanzadas a una frecuencia constante durante toda la serie, y la frecuencia de cada serie fue asignada aleatoriamente.

La oscilación lateral y la velocidad de lanzamiento se mantuvieron constantes durante todo el test, lo cual correspondió a los Niveles 3 y 5, respectivamente, del lanzador mecánico NEWGY-PONG 2000. El test finalizaba cuando el sujeto cometía 4 errores consecutivos en la devolución o cuando el sujeto indicaba que debía finalizar debido al agotamiento. En ese momento, se registraba el tiempo hasta el agotamiento (Tlim). Luego de cada serie, se recolectaron muestras sanguíneas

(25 µL) en el lóbulo de la oreja, a los 1, 3 y 5 minutos para determinar la concentración de lactato en sangre.

Se utilizó el análisis de regresión lineal para determinar la relación entre la frecuencia de lanzamiento (f) y la inversa del Tlim (1/Tlim) mediante. Utilizando este modelo de regresión, los coeficientes lineal y angular correspondieron a la critf y AWC, respectivamente (Figura 2).



**Figura 2.** Representación de la relación lineal entre la frecuencia de lanzamiento y la inversa del tiempo límite de ejercicio (1/Tlim) utilizada para determinar la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) en el modelo específico (critf aplicado al tenis de mesa). La AWC corresponde al coeficiente angular entre la frecuencia y la inversa del tiempo límite. (Los datos de la Figura 2 corresponden al participante 4)

#### Test de Wingate en Cicloergómetro ( $W_{cycle}$ )

El test de Wingate en cicloergómetro ( $W_{cycle}$ ) consistió de una serie de ejercicio de 30 segundos realizada a la máxima potencia con una carga externa correspondiente a 75 g/kg de masa corporal. El protocolo en cicloergómetro (Monark 894-E, Sweden) comenzó sin carga externa, la cual fue adicionada inmediatamente después del inicio del test. El tiempo de ejercicio se registró solo después de la aplicación de la carga externa. Luego del esfuerzo máximo de 30 segundos, se recolectaron muestras de sangre a los 1, 3, 5 y 7 minutos para la determinación de la concentración de lactato en sangre. La tasa de revolución de los pedales se determinó con la utilización del programa Monark Anaerobic Test. Los valores que se obtuvieron a intervalos de 5 segundos fueron: pico de potencia (en el período inicial de 5 segundos), potencia media (30 segundos), pico de potencia relativo, potencia media relativa y el índice de fatiga.

#### Test de Wingate en Ergómetro de Brazos ( $W_{arm crank}$ )

El test de Wingate en ergómetro de brazos ( $W_{arm crank}$ ) fue llevado a cabo en un ergómetro para brazos isocinético (Cybex UBE 2462, Owatonna, MN) y consistió de un esfuerzo máximo de 30 segundos a una velocidad constante de 120 rpm. Los valores que se obtuvieron a intervalos de 5 segundos fueron: pico de potencia (en el período inicial de 5 segundos), potencia media (30 segundos), pico de potencia relativo, potencia media relativa y el índice de fatiga. Se recolectaron muestras de sangre a los 1, 3, 5 y 7 minutos para la determinación de la concentración de lactato en sangre.

#### Análisis del Lactato Sanguíneo

Las muestras de sangre (25 µL) se recolectaron en el lóbulo de la oreja de los participantes y fueron colocadas en tubos Eppendorf de 1.5 mL que contenían 50 µL de NaF (solución al 1.0% de fluoruro de sodio). El homogenado fue inyectado (25.0 µL) en un analizador de lactato electroquímico (Yellow Springs Instruments model 1500 Sport, Ohio, USA). El analizador de lactato fue calibrado cada 5 muestras con una solución estándar de lactato de 5.0 mmol/L. La concentración de lactato se expresó en milimoles por litro (mmol/L)

## Análisis Estadísticos

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA de una vía) para comparar las concentraciones de lactato y para estimar la tasa de producción-remoción de lactato en el test de frecuencia crítica; luego de lo cual se utilizó el test post hoc de Newman-Keuls. La normalidad de la muestra fue evaluada mediante el test de Kolmogorov-Smirnov & Lilliefors. Se utilizó el test de correlación producto-momento de Pearson para establecer la relación entre la AWC y las variables obtenidas en los tests de Wingate (cicloergómetro y ergómetro de brazos), y también se calculó la fortaleza estadística (1-β). Los resultados fueron analizados utilizando el programa STATISTICA 6.0 para Windows (Statsoft, Inc. 2001). En todos los casos, el nivel de significancia fue establecido a  $p < 0.05$ . Los resultados se expresan como medias  $\pm$  desviación estándar.

## RESULTADOS

La capacidad de trabajo anaeróbico fue de  $99.5 \pm 29.1$  pelotas, con un coeficiente de error angular de  $32.6 \pm 18.8\%$  y un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) de  $0.88 \pm 0.11$ . En la Tabla 1 se presentan los datos del tiempo hasta el agotamiento (T<sub>lim</sub>), concentración pico de lactato en sangre, y la tasa estimada de producción de lactato a las diferentes frecuencias utilizadas durante el test critf. El T<sub>lim</sub> a una frecuencia de lanzamiento de 48 pelotas/min fue significativamente mayor que el observado a otras frecuencias [F(1,6)=11.21;  $p = 0.001$ ] y la tasa de producción estimada a la frecuencia de lanzamiento de 48 pelotas/min fue menor que la estimada a 72 pelotas/min [F(1,6)= 4.08;  $p = 0.02$ ].

<i>f</i>	<b>48 (pelotas/min)</b>	<b>56 (pelotas/min)</b>	<b>65 (pelotas/min)</b>	<b>72 (pelotas/min)</b>
<b>T<sub>lim</sub> (s)</b>	578.6 (204.0)	342.7 (109.7)*	259.6 (38.9)*	188.8 (60.5)*
<b>Lac (mmol/L)</b>	6.2 (2.2)	7.0 (2.3)	8.9 (1.8)	7.0 (2.7)
<b>Tasa Lac (mmol/L.s).10<sup>2</sup></b>	1.4 (0.9)	2.3 (1.4)	3.4 (3.4)	4.5 (2.7)*

**Tabla 1.** Tiempo límite de ejercicio hasta el agotamiento (T<sub>lim</sub>), concentración pico de lactato en sangre (Lac) y tasa estimada de producción-remoción de lactato (Tasa Lac) obtenida durante el test de critf. Los datos son medias ( $\pm$  DE). \* $p < 0.05$  en comparación con 48 pelotas/min.

Los valores de pico de potencia, potencia media, pico de potencia relativa, potencia media relativa e índice de fatiga durante los tests  $W_{\text{cycle}}$  y  $W_{\text{arm crank}}$  se muestran en la Tabla 2.

	<b>W<sub>cycle</sub></b>	<b>W<sub>arm crank</sub></b>
<b>P<sub>pico</sub> (W)</b>	772.2 (94.1)	374.5 (55.9)
<b>P<sub>media</sub> (W)</b>	602.7 (72.3)	272.7 (36.7)
<b>P<sub>pico</sub>/kg (W/kg)</b>	11.6 (0.8)	5.7 (0.7)
<b>P<sub>media</sub>/kg (W/kg)</b>	9.1 (0.8)	4.1 (0.5)
<b>FI (%)</b>	42.7 (5.9)	48.8 (5.0)
<b>Lac<sub>pico</sub> (mmol/L)</b>	9.6 (0.9)	7.8 (1.0)

**Tabla 2.** Valores del pico de potencia (P<sub>pico</sub>), potencia media (P<sub>media</sub>), potencia pico relativa (P<sub>pico</sub>/kg), potencia media relativa (P<sub>media</sub>/kg), índice de fatiga (FI), y concentración pico de lactato en sangre (Lac<sub>pico</sub>) obtenidos durante los tests  $W_{\text{cycle}}$  y  $W_{\text{arm crank}}$ . Los datos son medias ( $\pm$  DE)

La AWC se correlacionó negativamente con la concentración pico de lactato en el test  $W_{\text{cycle}}$  (Tabla 3) y se correlacionó positivamente con el índice de fatiga en el test Warm crack (Tabla 4). Todas las otras variables obtenidas en los tests de Wingate con ambos ergómetros no mostraron correlaciones significativas con la AWC (Tablas 3 y 4).

	<b>P<sub>pico</sub></b>	<b>P<sub>media</sub></b>	<b>P<sub>pico/kg</sub></b>	<b>P<sub>media/kg</sub></b>	<b>FI</b>	<b>Lac<sub>pico</sub></b>
<b>AWC</b>	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	-0.25	-0.02	-0.49	0.01	-0.52	-0.73 *
	(1-β)	(1-β)	(1-β)	(1-β)	(1-β)	(1-β)
	91.77%	97.26%	77.94%	97.56%	94.85%	54.38%

**Tabla 3.** Correlaciones producto-momento de Pearson (PM) y fortaleza estadística (1-β) entre la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) y las variables obtenidas en el test de Wingate en cicloergómetro. \*p<0.05 para AWC y Lac<sub>pico</sub>.

	<b>P<sub>pico</sub></b>	<b>P<sub>media</sub></b>	<b>P<sub>pico/kg</sub></b>	<b>P<sub>media/kg</sub></b>	<b>FI</b>	<b>Lac<sub>pico</sub></b>
<b>AWC</b>	PM	PM	PM	PM	PM	PM
	-.34	-.04	-.49	-.14	-.79 *	-.08
	(1-β)	(1-β)	(1-β)	(1-β)	(1-β)	(1-β)
	87.90%	96.99%	78.23%	95.05%	66.64%	96.25%

**Tabla 4.** Correlaciones producto-momento de Pearson (PM) y fortaleza estadística (1-β) entre la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) y las variables obtenidas en el test de Wingate en ergómetro de brazos. \*p<0.05 para AWC y FI.

## DISCUSION

El principal hallazgo de este estudio fue los pobres valores de correlación obtenidos entre la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) (critP) adaptado para el tenis de mesa y los tests de Wingate en cicloergómetro y ergómetro de brazos.

La medición de los parámetros anaeróbicos en atletas es extremadamente importante, especialmente en los deportes en donde hay una gran participación de los sistemas glucolítico y de los fosfatos durante períodos de esfuerzo de alta intensidad, como en el caso del tenis de mesa (Zagatto, 2004) y otros deportes que requieren de una alta capacidad anaeróbica. Sin embargo, los protocolos específicos para determinar la participación de las vías glucolítica y de los fosfatos son difíciles de aplicar al tenis de mesa.

La capacidad de trabajo anaeróbico determinada mediante la critP tiene sus ventajas sobre otros procedimientos de evaluación ya que es un método no invasivo, fácil de aplicar y de bajo costo y además es posible adaptar el test a los patrones motores específicos de diferentes deportes. Si bien en el presente estudio se determinó la concentración de lactato luego de la finalización del test de frecuencia crítica, esto no es absolutamente necesario ya que la única variable requerida es el tiempo de esfuerzo en cada nivel de intensidad de ejercicio. Por esta razón, el modelo de potencia crítica adaptado al tenis de mesa (test de critf) fue utilizado para determinar la AWC en jugadores de tenis de mesa de nivel internacional.

Los valores de AWC y los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) obtenidos en el presente estudio ( $99.5 \pm 29.1$  pelotas y  $0.9 \pm 0.1$ , respectivamente) fueron mayores que los obtenidos por Zagatto y Gobatto (2002) ( $50.9 \pm 6.9$  pelotas y  $0.8 \pm 0.1$ , respectivamente). Los mayores valores de AWC y el mayor ajuste de los coeficientes de determinación probablemente se debieron a que los atletas que participaron en el presente estudio tienen un mayor nivel de rendimiento que los que participaron en los estudios previos. Los valores de Tlim obtenidos en el presente estudio estuvieron entre 3 y 9 minutos, cayendo dentro de los límites propuestos por Poole (1986) y Bishop et al (1998), quienes reportaron Tlims mayores a 10 minutos y por debajo de 1 min respectivamente, y que pueden ser una sobreestimación (Poole, 1986) y una subestimación (Bishop et al., 1998) de la AWC. De esta manera, los valores de Tlim reportados en el presente estudio se encuentran dentro del rango sugerido. En relación con la tasa de producción-remoción de lactato "post-esfuerzo", nuestros resultados no sugieren diferencias entre las diferentes frecuencias de lanzamiento. Sin embargo, la tasa estimada de producción-remoción de lactato se incrementó proporcionalmente con el incremento en la intensidad del ejercicio, observándose diferencias significativas entre la mayor y la menor frecuencia (72 vs 48 pelotas/min).

La AWC ha mostrado ser sensible al entrenamiento (Jenkins and Quigley, 1993); sin embargo, su validez sigue siendo

controversial. Algunos investigadores consideran que la AWC es un parámetro de la utilización de fuentes glucolíticas y de fosfatos (i.e., capacidad anaeróbica) que se correlacionan con las mediciones obtenidas en el test de Wingate (Bulbulian et al., 1996; Nebelsick-Gullett et al., 1988), con la producción de ATP (Green et al., 1994) y el déficit acumulado máximo de oxígeno (Hill and Smith, 1993). En contraste, otros autores no respaldan a la AWC como un indicador de la capacidad anaeróbica (Dekerle et al., 2002; Papoti et al., 2003; 2005). Bulbulian et al (1996) no observaron una correlación entre la AWC y la potencia relativa (W/kg) obtenida en el test de Wingate, pero hallaron una correlación significativa, aunque baja ( $r = 0.41$ ) con la potencia absoluta. Dekerle et al (2002) no hallaron una correlación significativa entre la AWC y el test de 25 m en natación, y sugirieron que la AWC no provee una estimación confiable de la capacidad anaeróbica.

El tenis de mesa se caracteriza por movimientos que requieren de la fuerza y la potencia de las piernas combinados con movimientos rápidos de los brazos. Zagatto (2004) reportó que el sistema ATP-PCr es la principal vía energética utilizada durante los períodos de esfuerzo intenso en un juego de tenis de mesa (aproximadamente 3 s), a la vez que la glucólisis contribuye en gran medida en algunas instancias específicas, principalmente durante partidos largos (Künstlinger et al., 1998; Zagatto, 2004); y todos estos autores han reportado bajas concentraciones de lactato en sangre (@ 1.6 mmol/L) durante un partido. Estas últimas observaciones corroboran la idea de que el tenis de mesa tiene su base energética en el sistema ATP-PCr. Debido a que el deporte tiene esta característica anaeróbica, se esperaba obtener correlaciones significativas entre la AWC obtenida en un test específico del tenis de mesa y los parámetros obtenidos en tests de Wingate en cicloergómetro y ergómetro de brazos. Sin embargo, la examinación de la literatura reveló que, solo Zagatto et al (2004) utilizaron el test de Wingate en cicloergómetro y ergómetro de brazos para medir la potencia y la capacidad anaeróbica en jugadores de tenis de mesa. En esta última investigación se utilizó un ergómetro de brazos isocinético, por lo que los bajos valores del pico de potencia y de la potencia media parecen ser característicos de los jugadores de tenis de mesa y no parecen deberse a, por ejemplo, variaciones en las mediciones obtenidas durante la ergometría.

La AWC no se correlacionó con los valores del pico de potencia, pico de potencia relativo, potencia media o potencia media relativa, obtenidos en los tests en cicloergómetro y en ergómetro de brazos. Se hallaron altas correlaciones negativas entre la AWC y el índice de fatiga obtenido durante el test de Wingate en ergómetro de brazos ( $r = -0.79$ ) y entre la AWC y la concentración pico de lactato obtenida durante el test de Wingate en cicloergómetro ( $r = -0.73$ , Tablas 3 y 4 respectivamente). Si bien la literatura indica que las medidas obtenidas con el test de Wingate pueden ser utilizadas como índices de la capacidad anaeróbica (Beneke et al., 2002; Hawley and Williams, 1991; Vandewalle et al., 1987), y que la concentración pico de lactato en el mismo test puede ser utilizada para estimar la contribución de la glucólisis durante el ejercicio, la correlación negativa entre la AWC y el índice de fatiga obtenido durante el test de Wingate en ergómetro de brazos indicaría que la AWC no es un buen índice de la capacidad anaeróbica. Por lo tanto, nuestra hipótesis de que la AWC obtenida a partir del modelo critP podría utilizarse para determinar la capacidad anaeróbica en el tenis de mesa no puede ser respaldada.

Algunos investigadores han reportado que la AWC representa el suministro finito de energía anaeróbica, compuesto por PCr, O<sub>2</sub> unido a mioglobina, y glucógeno intramuscular (Bishop et al., 1998; Monod and Scherrer, 1965). Bishop et al (1998) reportaron que la total depleción de estas fuentes energéticas (llamada AWC) era la responsable del agotamiento durante el ejercicio (Bishop et al., 1998; Monod and Scherrer, 1965). Sin embargo, Araujo et al (2005) utilizaron el modelo de potencia crítica para evaluar la AWC en ratas que realizaron ejercicio de natación y reportaron reducciones de aproximadamente el  $41 \pm 15\%$  en el contenido de glucógeno del músculo soleo. Estos resultados demuestran que el agotamiento no coincide con la depleción total de las reservas musculares de "energía anaeróbica". Por lo tanto, Araujo et al (2005) concluyeron que la AWC no representa la reserva anaeróbica sino el estado fisiológico o el estatus de acondicionamiento respecto del ejercicio anaeróbico. De esta manera, la AWC como un índice de la capacidad anaeróbica en el tenis de mesa, determinada mediante un protocolo específico del deporte, requiere más investigación.

## CONCLUSIONES

---

La capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) obtenida utilizando un protocolo específico del deporte a partir de la adaptación del modelo de potencia crítica, no fue un buen índice para evaluar la capacidad anaeróbica en jugadores de tenis de mesa.

### Puntos Clave

La capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) no parece ser un buen índice de la capacidad anaeróbica en el tenis de mesa. La AWC determinada mediante la utilización de un ergómetro específico para el tenis de mesa mostró bajas correlaciones con los parámetros obtenidos durante el test de Wingate en cicloergómetro y en ergómetro de brazos. Se requiere de un protocolo específico del deporte para medir la capacidad anaeróbica en el tenis de mesa.

## Agradecimientos

Este estudio fue respaldado por el "Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico" (CNPq - Procs. 130841/2003-0 and 301601/2006-2) y por la "Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo" (FAPESP - Procs. 5778/1995 and 01/08295-2/2003). Agradecemos a Devon Taylor por la revisión del artículo en su versión en inglés.

## REFERENCIAS

1. Araujo, G., Zagatto, A., Manchado, F., Gobatto, C. and Papoti, M (2005). Determination of the state for the anaerobic work in wistar rats during swimming exercise. . In: *Book of abstracts. 4th International Congress of Physical Education and Human Movement, May 25-28, Rio Claro-Brazil. S12*
2. Bishop, D., Jenkins, D. and Howard, A (1998). The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *International Journal of Sports Medicine* 119, 125-129.
3. Bosquet, L., Duchene, A., Lecot, F., Dupont, G. and Leger, L (2006). Vmax estimate from three-parameter critical velocity models: validity and impact on 800 m running performance prediction. *European Journal of Applied Physiology* 97, 34-42
4. Bulbulian, R., Jeong, J. and Murphy, M (1996). Comparison of anaerobic components of the Wingate and critical power tests in males and females. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28, 1336-1341
5. Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J. and Pelayo, P (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine* 223, 93-98
6. Green, S., Dawson, B., Goodman, C. and Carey, F (1994). Y-intercept of the maximal work duration and anaerobic capacity in cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 69, 550-556
7. Hawley, J. and Williams, M (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International Journal of Sports Medicine* 12, 1-5
8. Hill, D. and Smith, J (1993). A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. *Ergonomics* 36, 1495-1500
9. Jenkins, D. and Quigley, B (1993). The influence of high-intensity exercise on the Wlim -Tlim relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25, 275-282
10. Monod, H. and Scherrer, J (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 8, 329-338
11. Nebelsick-Gullett, L., Housh, T., Johnson, G. and Bauge, S (1988). A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics* 31, 1413-1419
12. Papoti, M., Martins, L., Cunha, S., Zagatto, A. and Gobatto, C (2007). Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 538-542
13. Papoti, M., Zagatto, A., Freitas Junior, P., Cunha, S., Martins, L. and Gobatto, C (2005). Use of the y-intercept in the evaluation of the anaerobic fitness and performance prediction of trained swimmers. *Brazilian Journal of Sports Medicine* 11, 131-135
14. Papoti, M., Martins, L., Cunha, S., Zagatto, A. and Gobatto, C (2003). Standardization of a specific protocol to determine the anaerobic conditioning in swimmers during a 30sec effort using load cells. *Portuguese Journal of Sports Science* 3, 36-42
15. Poole, D (1986). Letter to the editor-in-chief. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18, 703 - 705
16. Zagatto, A (2004). Determination and validation of the critical frequency and the anaerobic work capacity in the table tennis in specific protocol using robot. *Master's Thesis, Sao Paulo State University, Rio Claro, Brazil. 1-108. (In Portuguese: English abstract)*
17. Zagatto, A., Papoti, M. and Gobatto, C (2004). Comparison between the use of saliva and blood for the minimum lactate determination in arm ergometer and cycle ergometer in table tennis players. *Brazilian Journal of Sports Medicine* 110, 481-486
18. Zagatto, A. and Gobatto, C (2002). Determination of an aerobic evaluation model on table tennis in a specific protocol using a robot. *Table Tennis Player* 15,10-11. (In Portuguese: English abstract)

## Cita Original

Alessandro M. Zagatto, Marcelo Papoti and Claudio A. Gobatto. Anaerobic Capacity May Not Be Determined By Critical Power Model In Elite Table Tennis Players. *Journal of Sports Science and Medicine* (2008) 7, 54 - 59