PubliCE, (PubliCE) 2008

Monograph

Validez de un Test de Frecuencia Crítica para Medir la Resistencia Aeróbica en el Tenis de Mesa a Través de un Protocolo Específico

Alessandro M Zagatto[1,2], Marcelo Papoti[1] y Claudio A Gobatto[1]

[1]*Laboratory of Sport Applied Physiology, Sao Paulo State University-UNESP, Rio Claro, Brazil.*
[2]*Laboratory of Research in Exercise Physiology (LAPEFE), Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande-MS, Brazil.*

RESUMEN

El propósito de este artículo fue validar un test específico de frecuencia crítica (crit*f*) para la estimación de la resistencia aeróbica en jugadores de tenis de mesa. **Métodos**: En este estudio participaron ocho jugadores masculinos de tenis de mesa de nivel internacional. Las pruebas específicas se aplicaron mediante la utilización de un lanzador de pelotas mecánico para controlar la intensidad del ejercicio. La crit*f* se determinó a través de la realización de tres o cuatro series de ejercicios hasta el agotamiento (Tlim). La crit*f* se evaluó mediante la utilización de una prueba en estado estable de lactato (90, 100 y 106 % de la intensidad de la crit*f*). La otra prueba específica fue un protocolo incremental utilizado para determinar el umbral anaeróbico (AnT_{BI}) y el comienzo de la acumulación de lactato en sangre (OBLA) mediante la utilización de un lanzador de pelotas. **Resultados**: La crit*f* (39.87 ± 3.31 pelotas·min^{-1}) no fue significativamente diferente entre las frecuencias del AnT_{BI} (48.11 ± 7.36 pelotas ·min^{-1}) y del $OBLA_{3.5}$ (49.36 ± 12.04 pelotas ·min^{-1}) y mostró estar correlacionado con el parámetro AnT_{BI} (r = 0.78). Con las frecuencias del 90 y 100% de la crit*f* se verificó un equilibrio dinámico en la concentración de lactato entre los minutos ocho y veinte. No obstante, no se halló este equilibrio dinámico con una intensidad del 106%. **Conclusión**: Los datos indican que en el tenis de mesa el modelo del crit*f* se puede utilizar para la medición de la resistencia aeróbica.

Palabras Clave: umbral anaeróbico, resistencia aeróbica, lactato en sangre, tenis de mesa

INTRODUCCION

Los deportes de raqueta se caracterizan por los períodos alternados de esfuerzo y descanso. Durante estos períodos de esfuerzo los movimientos de los miembros inferiores son rápidos y potentes, mientras que los movimientos de los miembros superiores sólo son rápidos. En términos generales, el sistema aeróbico es el mecanismo de resíntesis de energía (ATP) predominante en estos deportes, pero en los períodos de esfuerzo el sistema fosfagénico (ATP-PCr) es el mecanismo principal para la resíntesis de ATP (Zagatto et al., 2008). La medición de las capacidades aeróbica y anaeróbica, y de la potencia son muy importantes en los deportes a fin de verificar el estado de aptitud física de los atletas y determinar la prescripción ideal de los ejercicios. A pesar del hecho de que el ATP-PCr es el mecanismo principal de resíntesis de ATP en

los períodos de esfuerzo en los deportes de raqueta, el sistema aeróbico es el responsable de la recuperación entre los períodos de esfuerzo (peloteo) y también es la herramienta principal para la prescripción de ejercicios (i.e., el umbral anaeróbico). La resistencia aeróbica, llamada umbral anaeróbico (AnT) o máximo estado estable de lactato (MLSS) por algunos investigadores, se ha utilizado como una herramienta importante para la prescripción de la intensidad del ejercicio tanto en deportes que dependen del sistema aeróbico como en deportes que dependen mayormente del sistema anaeróbico.

Sin embargo, a pesar de la importancia de valorar la resistencia aeróbica con precisión, hay pocos estudios que hayan medido este componente utilizando protocolos específicos para los deportes de raqueta. No obstante, la mayoría de las investigaciones que aplicaron pruebas específicas se realizaron en tenis, badminton y squash (Chin et al., 1995; Girard et al., 2005; 2006; Smekal et al., 2000; Wonisch et al., 2003). Sin embargo, en el tenis de mesa ha habido pocas aplicaciones de los procedimientos específicos (Morel y Zagatto, 2008; Zagatto y Gobatto, 2007; Zagatto et al., 2008).

La utilización de la concentración de lactato en sangre ([Lac]) ha sido el principal parámetro fisiológico utilizado para determinar la resistencia aeróbica. No obstante, en la actualidad la medición de lactato en sangre requiere técnicas invasivas y costosas para analizar las muestras (Heck et al., 1985; MacIntosh et al., 2002). Monod y Scherrer (1965) han propuesto el modelo de potencia crítica (critP) como un procedimiento no invasivo para estimar la resistencia aeróbica mediante la medición del tiempo de ejercicio hasta llegar al agotamiento. Se ha descrito al modelo de potencia crítica como un buen procedimiento para medir la resistencia aeróbica (Dekerle et al., 2002; Toubekis et al., 2006; Wakayoshi et al., 1993). Diversas investigaciones se han adaptado al modelo de potencia crítica original para otros deportes y ergómetros, tales como la natación (Dekerle et al., 2002; Di Prampero et al., 2008; Toubekis et al., 2006; Wakayoshi et al., 1993), el cicloergómetro (Bishop et al., 1998; Pringle y Jones, 2002), la carrera (Bosquet et al., 2006), la práctica de kayak (Clingeleffer et al., 1994) y recientemente el tenis de mesa (Morel y Zagatto, 2008 ; Zagatto y Gobatto, 2007; Zagatto et al., 2008). Aunque el modelo de potencia crítica se ha adaptado para el tenis de mesa y la llamada frecuencia crítica (crit*f*), la validez de este procedimiento adaptado para el tenis de mesa aún no ha sido verificada. Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue verificar la validez del modelo de potencia crítica adaptado al tenis de mesa (test de frecuencia crítica) para medir la resistencia aeróbica a través de un protocolo específico utilizando un lanzador de pelotas mecánico.

METODOS

Participantes

En este estudio participaron ocho jugadores masculinos de tenis de mesa de nivel internacional (media ± DE – edad 18 ± 3 años, masa corporal 67.0 ± 10.7 kg, altura 1.76 ± 0.10 metros, grasa corporal 14.7 ± 7.1 % e índice de masa corporal 21.7 ± 2.9 $kg \cdot m^{-2}$). A los jugadores se les informó sobre la naturaleza y los posibles riesgos de la investigación antes de que dieran su consentimiento por escrito. El Comité de Ética de la Universidad del Estado de São Paulo, Brasil, aprobó el procedimiento experimental.

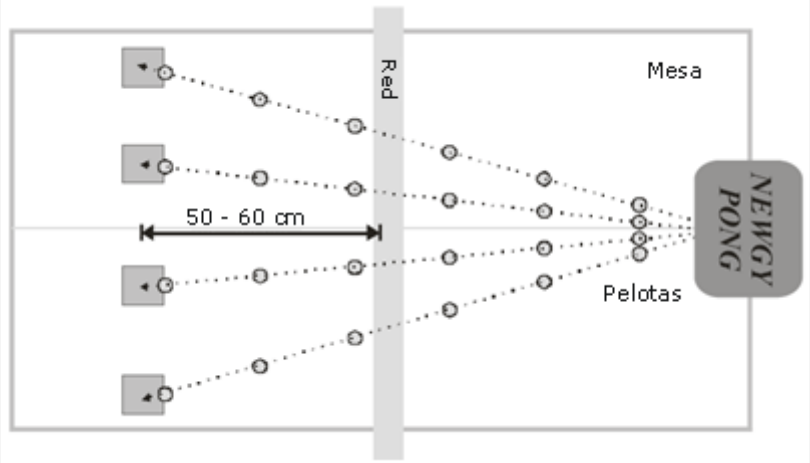

Figura 1. *Esquema ilustrativo del tenis de mesa y las áreas de contacto para los lanzamientos de pelotas del equipo NEWGY PONG*

2000 en las pruebas específicas para el tenis de mesa.

Diseño experimental

Se aplicaron protocolos específicos del deporte (frecuencia crítica, prueba de en estado estable de lactato y test incremental) simulando los golpes ofensivos de drive con lanzamientos de pelota desde un lanzador de pelotas mecánico (*NEWGY-PONG* 2000, Newgy, CANADÁ). Antes de cada prueba específica del deporte los participantes realizaron una entrada en calor de 4 minutos a intensidad moderada (35 pelotas·min^{-1}).Los tests comenzaron cinco minutos después de la finalización de la entrada en calor.

Descripción y Adaptación del Lanzador de Pelotas Mecánico

El lanzador de pelotas mecánico *NEWGY-PONG* 2000 (Newgy, Canadá) tiene ajustes de 0 a 10 para el control de la velocidad, la oscilación lateral de la pelota y la frecuencia de lanzamiento. La oscilación lateral de la pelota se ajustó (en 3) para que lanzara pelotas de manera sistemática a diferentes áreas de la mesa de tenis de mesa (entre los dos extremos), de esta manera la pelota tomaba contacto con la mesa entre 50 y 60 cm. de la red (Figura 1). La velocidad de la pelota se mantuvo constante en el nivel "5". Sólo se cambió la frecuencia de la pelota (intensidad del ejercicio) para cada esfuerzo (Zagatto et al., 2008).

A fin de reducir al mínimo la interferencia del aprendizaje antes de la prueba específica del deporte, los participantes realizaron dos sesiones de familiarización (llevadas a cabo en días consecutivos) con la misma velocidad de la pelota y oscilación lateral que se aplicó en la prueba y en variadas frecuencias de lanzamiento de pelota. Cada sesión de familiarización duró aproximadamente 10 minutos.

Procedimientos Experimentales

Test de frecuencia crítica (critf)

Todos los atletas llevaron a cabo tres o cuatro intentos (separados por al menos 2 horas y no más de 2 ejercicios por día) sobre una mesa de tenis de mesa. Las frecuencias de los ejercicios (intensidades) correspondieron aproximadamente a 48, 56, 65 y 72 (pelotas·min^{-1}) y se realizaron hasta llegar al agotamiento técnico o voluntario (el agotamiento técnico ocurría cuando se producían cuatro errores consecutivos en los golpes ofensivos llevados a cabo con la asistencia del preparador). Se registró el tiempo hasta el agotamiento (Tlim). La crit*f* se obtuvo mediante técnicas de regresión linear entre la frecuencia de la pelota (*f*) y la inversa del Tlim (Tlim^{-1}), correspondiente al coeficiente lineal (ordenada al origen) (Figura 2).

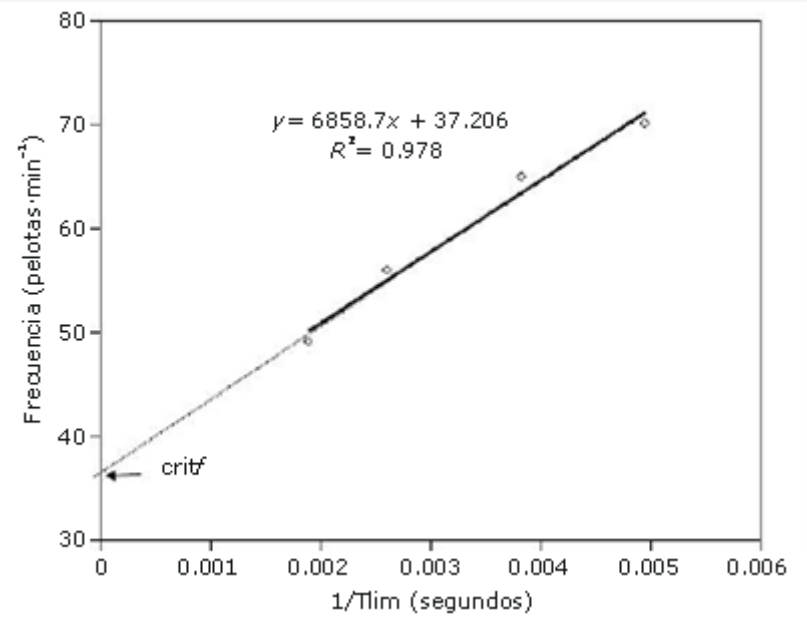

Figura 2. *Representación de la relación lineal entre las frecuencias de lanzamiento de la pelota y la inversa del tiempo de ejercicio*

(1/Tlim) utilizada para determinar la frecuencia crítica (critf). La critf correspondió al coeficiente lineal entre la frecuencia y la inversa del tiempo.

Prueba de Ejercicio en Estado Estable de Lactato

Después del test para determinar la crit*f* se llevó a cabo una prueba continua específica del deporte para verificar el comportamiento del lactato en sangre en intensidades por debajo de la crit*f* (90% del crit*f*), a la crit*f* (100% del crit*f*) y por encima de la crit*f* (106% del crit*f*). La prueba duró 20 minutos a una intensidad constante. Se tomaron muestras de sangre capilar del lóbulo de la oreja (25 µl) cada cuatro minutos para determinar la concentración de lactato en sangre durante la prueba. El estado estable de lactato se definió como la mayor tasa de trabajo que pudo mantenerse sin un incremento concomitante en la concentración de lactato en sangre mayor a 1.0 mmol·L^{-1} entre los minutos 8 y 20 del test (Gobatto et al., 2001).

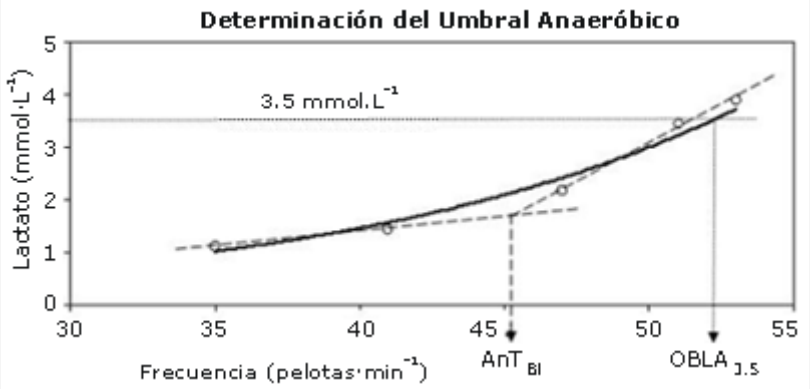

Figura 3. *Determinación de la frecuencia correspondiente al umbral anaeróbico determinado durante el protocolo específico a través de la inspección visual de un incremento abrupto en la [Lac] y utilizando un modelo de regresión lineal bi-segmentado (AnT_{BI}) (línea discontinua) y el $OBLA_{3.5}$ determinado mediante la concentración de lactato en sangre fija correspondiente a 3.5 mmol·L^{-1} (líneas de puntos).*

Test Incremental

El test incremental específico del deporte consistió en una frecuencia inicial de 34 pelotas·min^{-1} con incrementos de 5 pelotas·min^{-1} cada 3 minutos hasta el agotamiento voluntario. Después de cada etapa del ejercicio se tomaron muestras de sangre (25 µl) del lóbulo de la oreja para determinar la concentración de lactato. También se tomaron muestras de sangre en los minutos 1, 3, 5 y 7 posteriores al ejercicio.

Determinación del Umbral Anaeróbico (AnT) e Intensidades del Comienzo de la Acumulación de Lactato en Sangre (OBLA)

El umbral anaeróbico (AnT_{BI}) se determinó mediante la inspección visual del incremento abrupto en la respuesta de la concentración de lactato utilizando un modelo de regresión lineal bi-segmentado (determinado por tres especialistas en fisiología del ejercicio) y el comienzo de la acumulación de lactato en sangre correspondiente a una concentración de lactato en sangre fija de 3.5 mmol·L^{-1} ($OBLA_{3.5}$) (Figura 3).

Análisis de las Muestras de Sangre

Las muestras de sangre se tomaron (25 µL) del lóbulo de la oreja del participante y se transfirieron a tubos Eppendorf de 1.5 mL que contenían 50 µL NaF (1% fluoruro de sodio). El homogenado fue inyectado (25 µL) en un analizador de lactato electroquímico (Yellow Springs Instruments model 1500 Sport, Ohio, EUA). El analizador de lactato electroquímico se calibró cada cinco análisis de muestras de sangre utilizando una solución de lactato estándar de 5.0 mmol.L^{-1}. Las concentraciones de lactato en sangre se expresaron en milimoles por litro (mmol.L^{-1}).

Análisis Estadísticos

Los datos están expresados en medias ± DE. Las diferencias significativas referentes a la crit*f*, el AnT_{BI} y el $OBLA_{3.5}$ se evaluaron mediante el análisis de varianza ANOVA de una vía. Para la identificación de las variables que presentaban alguna diferencia estadísticamente significativa se utilizó la prueba post hoc de Newman-Keuls. Las relaciones entre las variables se evaluaron mediante la utilización de un Análisis de Correlación Lineal producto-momento. La intensidad durante la prueba en estado estable de lactato se determinó mediante la variación menor a 1.0 $mmol \cdot L^{-1}$ entre los minutos 8 y 20 de ejercicio constante. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la utilización del programa STATISTIC6.0paraWindows (Statsoft, Inc. 2001). El nivel de significancia se estableció en $p<0.05$ en todos los casos.

RESULTADOS

El Tlim que se obtuvo con las distintas frecuencias de ejercicio (48, 56, 65 y 72 $pelotas \cdot min^{-1}$) correspondió a 578.57 ± 203.95 s, 342.67 ± 109.70 s, 259.60 ± 38.90 s y 188.83 ± 60.47 s, respectivamente. La crit*f* que se determinó mediante el análisis de regresión lineal entre la intensidad del ejercicio y el $Tlim^{-1}$ correspondió a 39.87 ± 3.31 $pelotas \cdot min^{-1}$. El coeficiente de determinación (R^2) de la regresión fue 0.88 ± 0.11. Se halló un equilibrio dinámico del lactato con las frecuencias del 90% del crit*f* (el valor promedio del lactato correspondió a 2.88 ± 1.19 $mmol \cdot L^{-1}$ y la variación del equivalente de lacticidemia a 0.27 $mmol.L^{-1}$) y del 100% del crit*f* (valor promedio de lactato que corresponde a 3.51 ± 0.34 $mmol \cdot L^{-1}$ y variación del equivalente de lacticidemia a 0.75 $mmol.L^{-1}$). No obstante, no se halló un equilibrio de lactato con las frecuencias del 106% del crit*f* (valor promedio de lactato correspondiente a 3.80 ± 1.80 $mmol \cdot L^{-1}$ y variación del equivalente de lacticidemia a 1.46 $mmol.L^{-1}$). En la Figura 4 se observa la relación entre la concentración de lactato y el tiempo de ejercicio verificado mediante cargas constantes con determinadas frecuencias de la crit*f*.

Tres especialistas en fisiología del ejercicio determinaron el AnT_{BI} a través de la inspección visual de la regresión lineal bi-segmentada y entre ellas, se obtuvo una variación de resultados de 2.86 ± 2.59% para la [Lac] y 0.79 ± 0.36% para la intensidad (frecuencia de lanzamiento).El AnT_{BI} se produjo a una frecuencia de 48.11 ± 7.36 $pelotas \cdot min^{-1}$ y la [Lac] al AnT_{BI} fue de 3.09 ± 1.65 $mmol \cdot L^{-1}$. El $OBLA_{3.5}$ determinado mediante la concentración de lactato en sangre se produjo en una frecuencia de 49.36 ± 12.04 $pelotas \cdot min^{-1}$. La frecuencia máxima obtenida en el test incremental fue de 58.81 ± 12.76 $pelotas \cdot min^{-1}$.

La crit*f*, el AnT_{BI} y el $OBLA_{3.5}$ no fueron significativamente diferentes [$F_{(1,6)} = 3.03$; $p = 0.72$]. Sin embargo, a pesar de la ausencia de diferencias significativas entre estas variables, el AnT_{BI} y el $OBLA_{3.5}$ fueron 20.7% y 23.8% más elevados que la crit*f*, respectivamente. La crit*f* se correlacionó de manera significativa con el AnT_{BI} ($r = 0.78$; $p = 0.03$) y también con la frecuencia en el agotamiento ($r = 0.79$, $p = 0.02$), pero no con el $OBLA_{3.5}$ ($r = 0.42$; $p = 0.34$). El AnT_{BI} también se correlacionó de manera significativa con la frecuencia en el agotamiento ($r = 0.94$; $p = 0.002$).

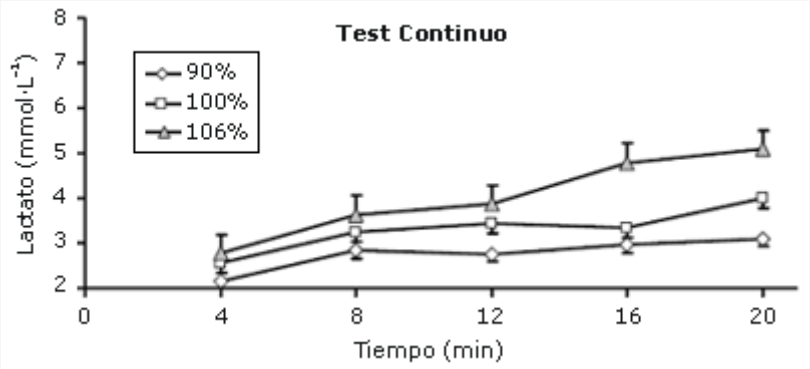

Figura 4. *Relación entre la concentración de lactato en sangre y el tiempo de ejercicio durante el test en estado estable de lactato. Las barras verticales indican EEM.*

DISCUSION

El test de frecuencia crítica demostró ser un buen método para la evaluación de la resistencia aeróbica en una prueba de tenis de mesa específica del deporte, asimismo se halló que la concentración de lactato se estabiliza cuando la intensidad alcanza el 100% de la crit*f* y se correlaciona de manera significativa con la crit*f* y el AnT_{BI}. Se han realizado algunas modificaciones al modelo original de potencia crítica descrito por Monod y Scherrer (1965) con el fin de que pueda ser aplicado en diferentes modos de ejercicio tales como la natación (Wakayoshi et al., 1993), el cicloergómetro (Bishop et al., 1998; Jenkins y Quigley, 1990; 1992; Pringle y Jones, 2002), la carrera (Bosquet et al., 2006; Smith y Jones, 2001) y la práctica de kayak (Clingeleffer et al., 1994), con resultados válidos y confiables. El modelo de potencia crítica se ha validado y correlacionado con la resistencia aeróbica valorada a través del umbral ventilatorio (Moritani et al., 1981), el umbral de fatiga (DeVries et al., 1982), el umbral anaeróbico individual (McLellan y Cheung, 1992), el comienzo de acumulación de lactato en sangre (OBLA) (Papoti et al., 2005; Wakayoshi et al., 1993) y el consumo máximo de oxígeno (Jenkins y Quigley, 1992), demostrando ser una buena herramienta para la evaluación del parámetro aeróbico. Wakayoshi et al. (1993) adaptaron el concepto de critP para la natación y lo llamaron nado crítico. Wakayoshi et al. (1993) hallaron una alta correlación entre el nado crítico y el umbral anaeróbico y demostraron que en una intensidad de ejercicio del 100% de nado crítico se produjo un equilibrio dinámico entre la producción y la remoción de lactato en sangre. Sin embargo, este equilibrio dinámico no se produjo cuando la intensidad del ejercicio se incrementó sólo en un 2%. Jenkins y Quigley (1990) hallaron un resultado similar en durante la realización de ejercicio en cicloergómetro. En el presente estudio se adaptó el modelo de potencia crítica al tenis de mesa utilizando un lanzador de pelotas mecánico (robot) para controlar la intensidad del ejercicio (frecuencia). Esta adaptación para el tenis de mesa fue inicialmente propuesta por Zagatto y Gobatto (2002, 2007), pero estos investigadores no validaron este test. Los valores de la crit*f* (39.87 ± 3.31 $tiros \cdot min^{-1}$) hallados en el presente estudio han sido similares a los obtenidos previamente por Zagatto y Gobatto (2002) (39.9 ± 1.3 $tiros \cdot min^{-1}$), pero en esta investigación se obtuvieron valores más elevados de AWC (99.46 ± 29.11 pelotas y 50.9 ± 6.9 pelotas, respectivamente) y del coeficiente lineal (R^2 = 0.88 ± 0.11, y R^2 = 0.77 ± 0.06, respectivamente). El tenis de mesa requiere de una mayor contribución del sistema ATP-CP en los períodos de esfuerzo (Faccini et al., 1989; Zagatto et al., 2008) y la diferencia hallada en la AWC entre estos estudios podría deberse a una mejor habilidad de los atletas que participaron en el presente estudio.

Muchas investigaciones utilizan aproximadamente cuatro intentos para el test de potencia crítica, sin embargo otros autores han utilizado sólo dos intentos (Housh et al., 1990; Wakayoshi et al., 1993). Housh et al. (1990) investigaron la cantidad de cargas de trabajo necesarias para determinar con precisión la potencia crítica. Estos autores hallaron que la potencia crítica se podía medir utilizando sólo dos intentos. No obstante, debería tenerse en cuenta que un posible error en la determinación del Tlim en una o dos de las cargas de trabajo aplicadas podría tener efectos negativos en la determinación de los resultados de la potencia crítica y la AWC. En la presente investigación, se han utilizado tres o cuatro intentos para la determinación de la frecuencia crítica. Sin embargo, la cantidad de cargas de trabajo utilizadas no influenció los resultados. La duración del tiempo de cada intento también podría influenciar los resultados del modelo de potencia crítica (Bishop et al., 1998; Poole, 1986). Poole (1986) reportó que la duración ideal de los intentos que resultan en el Tlim es de entre 2 y 10 minutos. Las cargas de trabajo que generan un Tlim mayor a 10 minutos pueden sobrevalorar la AWC, y los esfuerzos que generan un Tlim menor pueden sobrevalorar la critP. El Tlim utilizado en el presente estudio respetó la relación descrita por Poole (1986) con una variación de Tlim de entre 3 y 9 minutos (188.33 ± 60.47 s a 578.57 ± 203.95 s).

La concentración de lactato en sangre analizada durante la prueba de ejercicio en estado estable de lactato mostró que se alcanzó un equilibrio dinámico en la producción y remoción de lactato en sangre con las frecuencias del 90 y 100 % del crit*f*. Sin embargo, con un incremento de sólo el 6% en la frecuencia (106% del crit*f*), este equilibrio dinámico no pudo ser verificado. Asimismo Wakayoshi et al. (1993) hallaron resultados similares en la natación y Jenkins y Quigley (1990) durante ejercicios en cicloergómetro. Se eligió la frecuencia del 106% de la crit*f* aplicada en la prueba de ejercicio en estado estable de lactato debido a la dificultad de ajustar valores más bajos en el equipo. El MLSS a menudo se aplica en ejercicios de 30 minutos, analizando el estado estable de lactato en los últimos 20 minutos. Sin embargo, el partido y el entrenamiento del tenis de mesa consisten en ejercicios intermitentes, y la aplicación de ejercicios de 30 minutos sería muy difícil de llevar a cabo para los jugadores del tenis de mesa. Además, aún con una duración de 20 min para la prueba de ejercicio en estado estable de lactato, resultó difícil para los atletas completar el ejercicio de manera continua debido a la duración prolongada. Moritani et al. (1981) hallaron una alta correlación entre el umbral anaeróbico, determinado a través del umbral ventilatorio, y la potencia crítica en cicloergómetro (r = 0.92), asimismo McLellan y Cheung (1992) hallaron una correlación entre la critP y el umbral anaeróbico individual (IAT) (r = 0.98) en el mismo ergómetro. En la presente investigación la crit*f* también se ha correlacionado de manera significativa con el AnT_{BI} (r = 0.78), pero no con el $OBLA_{3.5}$. El $OBLA_{3.5}$ se determinó utilizando un [Lac] fijo correspondiente a 3.5 $mmol.L^{-1}$, como han propuesto Heck et al. (1985), quienes utilizaron esta concentración cuando la etapa del ejercicio duró tres minutos. No obstante, este protocolo determinó el umbral anaeróbico para los valores promedio de [Lac] fijo y no a través de valores individuales, y esto pudo

causar más variabilidad en los resultados. Para esta duración del ejercicio, Heck el at. (1985) hallaron que la [Lac] estuvo en el rango de 2.40 a 4.35 mmol.L^{-1}. La ausencia de correlación entre la crit*f* y el $OBLA_{3.5}$ puede explicarse por un posible error en la utilización de un protocolo de concentración de lactato fijo. La concentración promedio de lactato al AnT_{BI} fue de 3.09 ± 1.65 mmol·L^{-1}, que es más bajo que los 3.5 mmol·L^{-1} utilizados en el $OBLA_{3.5}$. La diferencia en la concentración de lactato muestra que la utilización de un protocolo de concentración de lactato fijo puede resultar en la obtención de resultados erróneos respecto de la resistencia aeróbica para el tenis de mesa. Por otro lado, la utilización de otros métodos para la determinación del umbral anaeróbico ha mostrado mejores resultados que el $OBLA_{3.5}$, tal como el umbral de lactato, el umbral anaeróbico individual o el test de lactato mínimo. Morel y Zagatto (2008) también investigaron el test de crit*f* para el tenis de mesa y hallaron resultados similares, obteniendo una correlación significativa entre la crit*f* y el lactato mínimo (r = 0.69), pero no verificaron una correlación significativa entre la crit*f* y el $OBLA_{3.5}$ (r = 0.06).

El tenis de mesa es un deporte que cuenta con pocos estudios científicos y una carencia de protocolos válidos para medir de manera específica la resistencia aeróbica. Los protocolos de evaluación mostraron parámetros fisiológicos y variables de rendimiento que respetan la especificidad de los deportes, pues la utilización de protocolos no específicos no representa el mismo patrón motor que se lleva a cabo en un partido. La correlación hallada entre la crit*f* y el AnT_{BI} (r = 0.78) y el equilibrio dinámico del lactato en sangre al 100% de la frecuencia a la crit*f* permite la utilización del modelo de crit*f* para la evaluación de la resistencia aeróbica en el tenis de mesa con un protocolo específico mediante una técnica no invasiva. El AnT_{BI} y el $OBLA_{3.5}$ fueron un 20.7% y un 23.8% más elevados que la crit*f*, respectivamente, pero no han sido significativamente diferentes. Por lo tanto, estos resultados deberían tenerse en cuenta. El bajo número de participantes, debido a la dificultad de reclutar atletas de alto nivel, puede ser una limitación del presente estudio. Asimismo puede ser una limitación el análisis de los golpes de drive únicamente. Los golpes de drive, revés y defensivos, realizados en un partido, pueden influenciar los parámetros fisiológicos del mismo. Sin embargo, en este estudio sólo se analizaron los golpes de drive. Los análisis de las características fisiológicas del tenis de mesa deberían investigarse más utilizando otros parámetros, tales como el consumo máximo de oxígeno en situaciones específicas.

CONCLUSION

La intensidad de la frecuencia crítica aplicada en un protocolo específico mostró un equilibrio dinámico del lactato en ejercicios de larga duración y una correlación significativa con el AnT_{BI}, pero no con el $OBLA_{3.5}$. Por lo tanto, la crit*f* puede ser un procedimiento válido que puede utilizarse para la evaluación de la resistencia aeróbica del tenis de mesa mediante técnicas no invasivas.

Puntos Clave

- En el tenis de mesa es necesaria la utilización de un protocolo específico para la evaluación de la resistencia aeróbica.
- El test de frecuencia crítica en el tenis de mesa parece representar la intensidad del equilibrio máximo de lactato.
- El test de frecuencia crítica puede utilizarse para medir la resistencia aeróbica del tenis de mesa a través de un protocolo específico.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido respaldado por el “Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico” (CNPq – Procs. 130841/2003-0 y 301601/2006-2), “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo” (FAPESP – Procs. 5778/1995 y 01/08295-2/2003) y por la Fundação de Apoio ao Desenvolvime y do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT–Procs. 23/200.223/2007).

REFERENCIAS

1. 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*
2. 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*
3. Chin, M.I., Wong, A.S.K., So, R.C.H, Siu, O.T., Steininger, K. and Lo, D.T (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton

players. *British Journal of Sports Medicine 29, 153-157*
4. Clingeleffer, A., McNaughton, L.R. and Davoren, B (1994). The use of critical power as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 68, 182-187*
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. Devries, H.A., Moritani, T., Nagata, A. and Magnussen, K (1982). The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics 25, 783-791*
7. Di Prampero, P.E., Dekerle, J., Capelli, C., and Zamparo, P (2008). The critical velocity in swimming. *European Journal of Applied Physiology 1102, 165-171*
8. Faccini, P., Faina, M., Scarpillini, E. and Dal Monte, A (1989). Il costo energetico nel tennistavolo. *Scuola Dello Sport 17, 38-42*
9. Girard, O., Chevalier, R., Leveque, F., Micallefe, J.P. and Millet, G.P (2006). Specific incremental field test for aerobic fitness in tennis. *British Journal of Sports Medicine 440, 791-796*
10. Girard, O., Sciberras, P., Habrard, M., Hot, P., Chevalier, R. and Mollet, G.P (2005). Specific incremental test in elite squash players. *British Journal of Sports Medicine 339, 921-926*
11. Gobatto, C.A., Mello, M.A.R., Sibuya, C.Y., Azevedo, J.R.M., Santos, L.A., Kokubun, E (2001). Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 130, 21-27*
12. Housh, D.J., Housh, T.J. and Bauge, S.M (1990). A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Research Quarterly of Exercise and Sport 661, 406-409*
13. Jenkins, D.G. and Quigley, B.M (1990). Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 61, 278-283*
14. Jenkins, D.G. and Quigley, B.M (1992). Endurance training enhances critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise 24, 1283-1289*
15. MacIntosh, B.R., Esau, S. and Svedahl, K (2002). The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology 27, 232-249*
16. McLellan, T.M. and Cheung, K.S (1992). A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise 24, 543-550*
17. Monod, H. and Scherrer, J (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics 8, 329-338*
18. Morel, E.A. and Zagatto, A.M (2008). Adaptation of the lactate minimum, critical power and anaerobic threshold tests for assessment of the aerobic/anaerobic transition in a protocol specific for table tennis. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte 14, 518-522*
19. Moritani, T., Nagata, A., deVries, H.A. and Muro, M (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics 24(5), 339-350*
20. Papoti, M., Zagatto, A., Mendes, O.C. and Gobatto, C (2005). Use of invasive and non-invasive protocol tests on aerobic and anaerobic performances prediction in Brazilian swimmers. *Portuguese Journal of Sports Science 5, 7-14*
21. Poole, D (1986). Letter-to the editor-in-chief. *Medicine and Science in Sports and Exercise 18, 703-705*
22. Pringle, J.S. and Jones, A.M (2002). Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. *European Journal of Applied Physiology 88, 214-226*
23. Smekal G, Pokan R, Von Duvillard SP, Baron, R., Tschan, H. and Bachl, N (2000). Comparison of laboratory and "on-court" endurance testing in tennis. *International Journal of Sports Medicine 21, 242-249*
24. Smith, C.G. and Jones, A.M (2001). The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *European Journal of Applied Physiology 885, 19-26*
25. Toubekis, A.G., Tsami, A.P. and Tokmakidis, S.P (2006). Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine 27, 117-123*
26. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada, T., Moritani, T., Mutoh, Y. and Miyashita, M (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state?. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 666, 90-95*
27. Wonisch, M., Hofmann, P., Schwaberger, G., Von Duvillard, S.P. and Klein, W (2003). Validation of a field test for the non-invasive determination of badminton specific aerobic performance. *British Journal of Sports Medicine 337, 115-118*
28. Zagatto, A.M. and Gobatto, C.A (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)*
29. Zagatto, A.M. and Gobatto, C.A (2007). Validação do modelo de freqüência crítica em protocolo específico através de método indireto, para o tênis de mesa. *Lecturas Educación Física y Deportes 110, 1-7. (In Portuguese: English Abstract)*
30. Zagatto, A.M., Papoti, M. and Gobatto, C.A (2008). Anaerobic capacity may not be determined by critical power model in elite table tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine 77, 54-59*

Cita Original

Alessandro M. Zagatto, Marcelo Papoti and Claudio A. Gobatto. Validity of Critical Frequency Test for Measuring Table Tennis Aerobic Endurance through Specific Protocol. Journal of Sports Science and Medicine (2008) 7, 461 - 466.