

Monograph

Presión en el Compartimento Tibial Anterior Antes, Durante y Después del Ejercicio en Corredores de Larga Distancia

Panagiotis Baltopoulos¹, Eugenia Papadakou¹, Maria Tsironi¹, Panagiotis Karagounis¹ y George Prionas¹

¹Department of Functional Anatomy & Sports Medicine, University of Athens, Greece.

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue valorar las presiones en el compartimento tibial anterior antes, durante y después del ejercicio en corredores de larga distancia asintomáticos (5000 m) y en atletas recreacionales. Cuarenta y ocho participantes (n = 48, 24 mujeres y 24 hombres) llevaron a cabo los procedimientos experimentales. Los participantes fueron asignados a 4 grupos de 12 voluntarios. Las mediciones de la presión intracompartimental fueron registradas un minuto antes, al primer minuto luego del comienzo del ejercicio y por último a los 5 minutos luego de la finalización del ejercicio en cinta ergométrica. La técnica de catéter con mecha (*wick catheter technique*) fue el método de elección para medir los valores de la presión intracompartimental. Los análisis post hoc de la interacción entre grupos y mediciones indicó que todas las comparaciones apareadas de las medidas pre test (1 minuto antes del ejercicio), intra test (1er minuto de ejercicio) y post test (5 min después del ejercicio) fueron estadísticamente significativas para los hombres del grupo control ($p < 0.001$), para los hombres atletas ($p < 0.001$), para las mujeres del grupo control ($p < 0.001$) y para las mujeres atletas ($p < 0.001$). Los resultados confirman la existencia de una relación entre la participación en carreras de larga distancia y el incrementado riesgo de desarrollar el síndrome compartimental crónico de esfuerzo (CECS).

Palabras Clave: síndrome compartimental, atletas, catéter con mecha, presión intracompartimental, corredores

INTRODUCCION

El síndrome compartimental es una condición caracterizada por un incremento en la presión intracompartimental dentro de la fascia que rodea los compartimentos musculares (Hargens and Mubarak, 1998; Kostopoulos et al., 2004; Rorabeck et al., 1988). Durante la realización de ejercicios vigorosos, puede producirse un aumento de hasta el 20% en el volumen y en el peso muscular debido al incremento en el flujo sanguíneo y a la aparición de edemas (Bong et al., 2005; Mohler et al., 1997). Las adaptaciones musculares al ejercicio crónico de carrera que derivan en la hipertrofia local, reducen la distensibilidad del volumen disponible dentro del compartimento de la fascia (Hutchinson and Ireland, 1994; Tzortziou et al., 2006; Winston et al., 2004). Si bien el compartimento definido por la fascia puede alojar el incremento en el volumen muscular que se produce debido al ejercicio vigoroso, en el síndrome compartimental crónico de esfuerzo (CECS) la no distensibilidad del compartimento deriva en una presión anormal de los tejidos (Blackman, 2000).

La fisiopatología del CECS no se comprende en su totalidad pero en general se acuerda en que la elevación anormal de las presiones compartimentales durante el ejercicio derivan en la oclusión vascular, en dolor isquémico y posiblemente en el daño muscular (Birtles et al., 2002; Dayton et al., 1990). Esto puede ocurrir durante o luego del ejercicio y puede durar desde minutos a horas luego de la finalización del ejercicio. El diagnóstico positivo del síndrome compartimental en las piernas se establece utilizando valores patológicos de los tejidos compartimentales que resultan en CECS: (1) una presión pre - ejercicio ≥ 15 mmHg, y/o (2) una presión registrada 1 minuto post - ejercicio ≥ 30 mmHg, y/o (3) una presión registrada 5 min post ejercicio ≥ 20 mmHg (Pedowitz et al., 1990). Cabe señalar que los registros radiográficos son generalmente normales en casos de CECS crónico (Blackman et al., 2000).

Episodios repetidos de CECS pueden derivar en el engrosamiento del compartimento dentro de la fascia y en la concomitante fibrosis, lo cual afecta progresivamente la capacidad del tejido de volver a su estado normal (Birtles et al., 2002; Bong et al., 2005). El propósito del presente estudio fue valorar las presiones del compartimento tibial anterior en corredores de fondo asintomáticos (5000 m) y en atletas recreacionales, mediante la utilización de ejercicio en cinta ergométrica a una velocidad e inclinación predeterminada para cada participante en forma individual.

MÉTODOS

Cuarenta y ocho participantes ($n = 48$, 24 mujeres y 24 hombres) llevaron a cabo los procedimientos experimentales. La edad media de los sujetos fue de 27.5 años (rango de edad, 19.5 a 33.5 años). Todos los participantes fueron familiarizados con los procedimientos de evaluación. Esto último incluyó la participación de los sujetos en dos sesiones de práctica en las cuales practicaron las carreras en la cinta ergométrica hasta sentirse seguros con el dispositivo. Los participantes también fueron familiarizados con el protocolo de recolección de muestras de aire espirado. Todos los procedimientos descritos en este estudio fueron llevados a cabo luego de haber obtenido la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Salud y Cuidados Sociales y luego de que los participantes fueran informados acerca de los procedimientos y potenciales riesgos asociados con su participación en el estudio. Ninguno de los participantes había sufrido cirugías en los pies o en los tobillos. Además, en el año previo al comienzo del estudio, ninguno de los sujetos había sufrido lesiones en los pies o tobillos. Ninguno de los participantes era fumador, presentó problemas de salud ni se encontraba consumiendo medicamentos durante el período del estudio.

Los sujetos fueron asignados a 4 grupos de 12 voluntarios por grupo. El grupo A1 consistió de atletas recreacionales varones (grupo de hombres de control) que participaban en actividades deportivas (fútbol, basquetbol, tenis, pedestrisimo) 1-3 veces por semana. El grupo A2 incluyó corredores de fondo (5000 m) varones entrenados (grupo de hombres atletas) que competían a nivel nacional e internacional (6 sesiones de entrenamiento por semana). El grupo W1 consistió de mujeres atletas recreacionales (grupo de mujeres de control) que participaban en actividades deportivas (tenis, pedestrisimo, jogging) 1-3 veces por semana y el grupo W2 consistió de mujeres corredoras de fondo entrenadas (5000 m) (grupo de mujeres atletas) con el mismo nivel deportivo y que realizaban la misma frecuencia de entrenamiento que los hombres del grupo A2.

Las mediciones de las presiones intracompartimentales del compartimento tibial anterior fueron registradas 1 minuto antes, al 1er minuto de ejercicio y a los 5 minutos después de finalizado el ejercicio en cinta ergométrica.

La técnica del catéter con mecha (Barnes, 1997) fue el método de elección para todos los procedimientos de evaluación. De la mecha de nylon del catéter, con un diámetro externo de 1 mm y un diámetro interno de 0.6 mm, sobresalen fibras de sutura Dexon. Antes de insertar el catéter, el mismo fue llenado con solución salina estéril heparinizada [se hicieron circular 0.3 cm^3 de solución salina normal (0.9%) a través del catéter] realizando la calibración a cerco con fluido hidrostático. El catéter fue conectado, a través de una válvula de 3 vías, a un transductor y a un grabador de cinta magnética, y fue introducido en el compartimento tibial anterior de los participantes utilizando una aguja calibre 16. El transductor de presión fue recubierto con una almohadilla de goma espuma para evitar el impacto y se aseguró a la pierna al nivel en que se insertó el catéter. Todas las mediciones de la presión fueron llevadas a cabo con los participantes en posición supina, con los pies en el mismo plano horizontal (Brennan and Kane, 2003). Los tobillos y los pies se mantuvieron en posición neutral (90°). Todos los participantes utilizaron el mismo tipo de calzado deportivo.

Para definir la intensidad de ejercicio, se llevaron a cabo dos tests preliminares para determinar: (a) la relación entre el consumo de oxígeno y la velocidad de carrera y (b) el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$). El test para la determinación del consumo de oxígeno tuvo una duración de 16 minutos con los sujetos corriendo en forma continua a una intensidad submáxima. La velocidad inicial fue de entre 2.5 y 3.5 m/s, dependiendo del nivel de entrenamiento de cada sujeto, y la misma se incrementó cada cuatro minutos en 0.4-0.5 m/s también dependiendo del nivel de aptitud física de cada sujeto. La frecuencia cardíaca fue monitoreada a lo largo de todo el test. Se obtuvo una ecuación de regresión que relacionaba el

consumo de oxígeno con la velocidad de carrera y para la estimación de la velocidad de carrera que provocaría el 80% del VO_2 máx. Para la determinación del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) se utilizó un test progresivo máximo hasta el agotamiento en cinta ergométrica con inclinación (Baumgartl, 1990). La velocidad fue mantenida constante a través de todo el test, mientras que la inclinación de la cinta se incremento en 2.5% cada tres minutos desde una inclinación inicial del 3.0%. A través de todo el test se recolectaron muestras de aire espirado. Durante este test, se estimuló verbalmente a los sujetos. El valor pico de VO_2 en un minuto fue considerado como el valor del VO_2 máx del sujeto.

En base a los hallazgos de los tests preliminares, la intensidad de ejercicio para las pruebas experimentales fue establecida al 80% del VO_2 máx en forma individual para cada participante, quienes corrieron a esta intensidad durante 16 minutos. La inclinación de la cinta fue del 3% durante todo el test. Entre los tests preliminares y la prueba experimental se estableció un período de siete (7) días para evitar los efectos residuales del ejercicio previo. En los días de evaluación, los participantes no realizaron ninguna otra actividad deportiva antes de realizar los procedimientos experimentales. Los datos somatométricos de los sujetos y los valores del VO_2 máx se presentan en la Tabla 1.

	Hombres		Mujeres	
	Atletas (n = 12)	Controles (n = 12)	Atletas (n = 12)	Controles (n = 12)
VO_2 máx (mL/kg/min)	67 (5)	52 (9) *	58 (2)	43 (4) *
Talla (m)	1.75 (0.15)	1.76 (0.12)	1.62 (0.18)	1.65 (0.09)
Peso (kg)	71.5 (2.4)	79.3 (1.1)*	53.3 (1.4)	57.2 (0.8) *

Tabla 1. Valores del VO_2 máx y características somatométricas de los participantes. Los valores son medias (\pm DE). * $p < 0.05$ en comparación con los atletas.

El diseño experimental utilizado para analizar las presiones intracompartimentales fue de 4×3 (grupos x mediciones) con medidas repetidas en el último factor. Se evaluaron todas las presunciones asociadas con el diseño mencionado (Keppel, 1991).

RESULTADOS

El nivel de significancia fue establecido a 0.05 para todos los análisis estadísticos y se realizaron comparaciones post hoc utilizando el test de Scheffe. Estos datos se presentan en la Tabla 2.

Grupos		Pre-test (1 minuto) 1	Intra-test (1 ^{er} minuto) 2	Post-test (5 minutos) 3
Hombres	Control (n=12)	6.72 (.90) ^{2,3} #	24.73 (3.31) ^{1,3} #	17.82 (1.23) ^{1,2}
	Atletas (n=12)	11.05 (1.63) ^{2,3*} #	27.81 (2.74) ^{1,3*} #	17.88 (1.76) ^{1,2}
Mujeres	Control (n=12)	6.87 (1.23) ^{2,3}	18.80 (2.32) ^{1,3}	16.71 (1.23) ^{1,2}
	Atletas (n=12)	8.57 (.85) ^{2,3*}	22.10 (4.86) ^{1,3*}	17.13 (1.44) ^{1,2}

Tabla 2. Valores medios (desviaciones estándar) de las presiones intracompartimentales (mmHg) para los atletas y los grupos de control. Los superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las ocasiones. *Indica $p < 0.5$ entre los controles y los atletas, # indica $p < 0.05$ entre los hombres y las mujeres. Los números indican los diferentes períodos del estudio.

Todos los sujetos completaron los procedimientos para la recolección de datos y no se registró ningún abandono. Los resultados revelaron que un minuto antes del ejercicio se registraron valores normales de la presión intracompartimental, aunque el grupo de atletas hombres presentó valores mayores en comparación con los otros grupos. Al primer minuto de ejercicio, seis participantes (12.5%), un (1) hombre del grupo control, tres (3) hombres atletas y dos (2) mujeres atletas, presentaron valores patológicos de presión intracompartimental. A los cinco minutos de finalizado el ejercicio, se

observaron valores patológicos de presión intracompartimental en dos (2) atletas hombres y en una atleta mujer.

El análisis de varianza indicó efectos principales significativos para los grupos ($F_{3,44} = 25.33$, $p < 0.001$), las mediciones ($F_{2,88} = 561.61$, $p < 0.0001$) e interacciones significativas entre grupos y mediciones ($F_{6,88} = 8.99$, $p < 0.001$). Las comparaciones post hoc con el test de Scheffe respecto del efecto principal para los grupos indicó que: (a) los hombres del grupo control ($M = 16.42$, $DE = 1.37$) tuvieron presiones intracompartimentales menores que los hombres atletas ($M = 18.91$, $DE = 1.37$) y mayores que las registradas en las mujeres del grupo control ($M = 14.13$, $DE = 0.88$), (b) que los hombres atletas tuvieron una mayor presión intracompartimental que los controles y que las mujeres atletas y (c) que las mujeres del grupo control tuvieron una presión intracompartimental menor que las mujeres atletas.

Las comparaciones post hoc (test de Scheffe) respecto de los efectos principales para las mediciones revelaron que la presión comparimental total difirió significativamente entre las mediciones. Todos los participantes tuvieron una menor presión intracompartimental un minuto antes de comenzar con el ejercicio ($M = 8.30$, $DE = 2.11$) y exhibieron el mayor valor al primer minuto de iniciado el ejercicio ($M = 23.36$, $DE = 4.73$), volviendo a disminuir ($M = 17.39$, $DE = 1.47$) luego de transcurridos cinco minutos de la finalización del ejercicio.

Las comparaciones post hoc respecto de la interacción entre grupos y mediciones indicaron que todas las comparaciones apareadas entre las mediciones pre test (1 minuto antes del inicio del ejercicio), intra test (1er minuto de ejercicio) y post test (5 minutos después del ejercicio) fueron estadísticamente significativas para los hombres del grupo control ($p < 0.001$), los hombres atletas ($p < 0.001$), las mujeres del grupo control ($p < 0.001$) y para las mujeres atletas ($p < 0.001$). Además, los hombres del grupo control ($M = 6.72$, $DE = 0.90$), un minuto antes del ejercicio, tuvieron una presión intracompartimental más baja que los hombres atletas ($M = 11.05$, $DE = 1.23$) que las mujeres atletas ($M = 8.57$, $DE = 0.85$), los hombres atletas tuvieron una presión intracompartimental mayor que todos los sujetos del grupo control ($M = 6.87$, $DE = 1.23$) y que las mujeres atletas ($M = 8.57$, $DE = 0.85$), y las mujeres del grupo control tuvieron una presión intracompartimental más baja que las mujeres atletas. Un minuto después del comienzo del ejercicio, los hombres del grupo control ($M = 24.73$, $DE = 3.31$) tuvieron una presión intracompartimental significativamente mayor que la exhibida por las mujeres del grupo control ($M = 18.80$, $DE = 2.32$) y los hombres atletas ($M = 27.81$, $DE = 2.74$) tuvieron una presión intracompartimental mayor que la exhibida por todos los sujetos del grupo control y por las mujeres atletas ($M = 22.10$, $DE = 4.86$). A los cinco minutos de finalizado el test y el resto de las comparaciones apareadas no alcanzaron significancia estadística.

DISCUSION

La incidencia de CECS en la población general es poco clara, sin embargo, en un estudio de pacientes con dolor de piernas no diagnosticado (Qvarfordt et al., 1983), la incidencia de CECS fue del 14%. Por otra parte, en un estudio con dolor crónico en la región anterior de la pierna inducido por el ejercicio, la incidencia de CECS fue del 27% (Styf, 1988). La sintomatología inicial del CECS no es clara y se incrementa gradualmente (García-Mata et al., 2001). La herramienta diagnóstica distintiva para confirmar el CECS parece ser la valoración de la presión intracompartimental. Los criterios objetivos para el diagnóstico del síndrome compartimental crónico de esfuerzo en las piernas fueron definidos por Pedowitz et al, luego de revisar 131 estudios de presión en pacientes con dolor crónico en las piernas (Pedowitz et al., 1990).

En el presente estudio, todos los participantes, hombres atletas y de control, mujeres atletas y de control, eran asintomáticos. La utilización de la técnica de catéter con mecha reveló valores normales de presión intracompartimental en el minuto previo al inicio del ejercicio. Todos los sujetos exhibieron los menores valores de presión intracompartimental en la medición llevada a cabo un minuto antes del comienzo del ejercicio mientras que exhibieron los mayores valores en la medición realizada al primer minuto de ejercicio. Este hallazgo concuerda con lo observado en un estudio previo (McDermott et al., 1982), respaldando la hipótesis de que los cambios inducidos por el ejercicio en la presión intracompartimental se producen rápidamente al comienzo del ejercicio, mientras que Logan et al (1983) indica que tanto la presión promedio como la presión pico medidas durante el ejercicio son mayores que las registradas en reposo y que las presiones intracompartimentales se incrementan con el incremento en la velocidad.

A pesar del incremento en los valores de la presión intracompartimental durante y luego del ejercicio, ningún participante reportó síntomas de afección o deseos de finalizar con el ejercicio. Al primer minuto de ejercicio, seis participantes, un atleta varón, tres hombres de control, y dos mujeres del grupo control exhibieron valores patológicos aunque no reportaron síntomas. Este hallazgo concuerda con los resultados de Padhiar y King (1996), quienes reportaron que el CECS se produce como resultado de una serie de eventos, caracterizados por un incremento en el volumen muscular causado por el incremento en el flujo sanguíneo asociado con el ejercicio.

De hecho y aunque el incremento en los valores de la presión intracompartimental se utilizan como procedimiento de diagnóstico, parece que no son la única causa de los síntomas del CECS (Barnes, 1997). En efecto, como se menciona en un estudio en el que se realizaron series operativas en 100 pacientes (Detmer et al., 1985), no existe una correlación definitiva entre la presión intramuscular y la severidad de la sintomatología o la tasa de incidencia de CECS. Además, Hargens y Mubarak (1998) afirman que luego la realización de ejercicios los síntomas son comúnmente ligeros, pero reaparecen a la misma intensidad y en el mismo intervalo de tiempo, e incluso antes y con síntomas más fuertes, en la siguiente sesión de entrenamiento (Potteiger et al., 2002).

Este hallazgo requiere de la atención de los médicos y fisioterapeutas, ya que comúnmente se subestiman los valores patológicos de la presión intracompartimental incluso en sujetos asintomáticos lo que puede resultar en el daño irreversible de los tejidos, derivando en definitiva en la necesidad de tratamiento quirúrgico (Brennan and Kane, 2003; Fronck et al., 1987; Howard et al., 2000).

Como se ha sugerido previamente (Barnes, 1997), el incremento en los valores de la presión intracompartimental se relacionan con una fascia menos flexible, lo cual hace que el incremento normal en el tamaño muscular durante el ejercicio derive en un incremento de la presión intramuscular. En referencia a los subgrupos del presente estudio, en el minuto previo al comienzo del ejercicio, los hombres del grupo control exhibieron los menores valores de presión intracompartimental que los hombres y mujeres atletas, y las mujeres atletas exhibieron un mayor valor de presión intracompartimental que las mujeres del grupo control, lo cual provee evidencia de una correlación entre la participación en carreras de fondo y el incremento en riesgo de padecer síndrome compartimental crónico de esfuerzo (CECS). Esto concuerda con lo observado por Kostopoulos et al (2004) quienes hallaron que los sujetos no atletas presentaron menores valores de presión intracompartimental en reposo que los jugadores de básquetbol.

A medida que más mujeres participan en deportes competitivos, parece que la incidencia de CECS en hombres y mujeres es similar (Qvarfordt et al., 1983, Pedowitz et al., 1990). Sin embargo, se debería señalar que en este estudio ninguna de las mujeres atletas mostró valores de presión intracompartimental más allá de los límites normales antes del ejercicio. Debido a que el CECS es producido por el ejercicio, es más útil examinar las presiones del compartimento tibial anterior durante y después de la realización de ejercicios vigorosos. La comparación adicional de los subgrupos de hombres y mujeres indicó que al primer minuto de ejercicio los hombres del grupo control exhibieron una mayor presión intracompartimental que las mujeres del grupo de control y que los hombres atletas exhibieron una mayor presión intracompartimental que las mujeres atletas. Este hallazgo podría ser indicativo de diferencias sexuales, lo cual posiblemente podría explicarse por una limitación en la circulación en las mujeres, que tienen menores dimensiones del compartimento tibial anterior, y esto podría hacer que las mujeres atletas sean especialmente susceptibles de sufrir CECS ya que no pueden alojar el incremento del 20% en la masa muscular que ocurre con la realización de ejercicios de alta intensidad (Schissel and Godwin, 1999).

El CECS de las extremidades inferiores con frecuencia no cuenta con un buen diagnóstico, requiriendo de repetidas visitas al médico con el subsiguiente retraso en el tratamiento definitivo. Por lo tanto, suponer en forma temprana la aparición de esta condición podría ser de gran importancia debido a que el tratamiento definitivo es la fasciotomía.

Los médicos de familia y los profesionales médicos en general que atienden a personas y atletas sanos deberían conocer este síndrome de manera los sujetos que presenten este potencial problema sean referidos a una evaluación ortopédica y no se retrase el tratamiento definitivo.

CONCLUSIONES

La sintomatología inicial del CECS no es clara y se incrementa gradualmente (García-Mata et al., 2001). Si bien la mayoría de los cirujanos confirma el diagnóstico de CECS a través de la medición de la presión intracompartimental (ICP) (Tzortziou et al., 2006), los médicos no pueden asegurar que durante o después del ejercicio no se desarrollen valores patológicos de presión intracompartimental.

Se requieren estudios adicionales acerca de los factores que pueden predisponer al CECS, tales como el incremento en los valores de la presión intracompartimental en poblaciones asintomáticas, para establecer el diagnóstico en un tiempo apropiado. El desarrollo de técnicas no invasivas para la medición de la presión intracompartimental, con sensibilidad clínica equivalente a las técnicas invasivas (Van den Brand JG et al., 2005) pueden permitir el diagnóstico temprano del CECS y evitar el tratamiento quirúrgico.

Puntos Clave

- El síndrome compartimental crónico es una condición caracterizada por el incremento de la presión intracompartimental dentro de la fascia poco flexible que rodea el compartimento muscular
- La sintomatología inicial del CECS no es clara y se incrementa gradualmente
- Todos los participantes del presente estudio exhibieron los valores más bajos de presión intracompartimental en el minuto previo al comienzo del ejercicio (en reposo) y los valores más altos al primer minuto de ejercicio
- Los sujetos del grupo control tuvieron menores valores de presión intracompartimental que los corredores profesionales
- Un minuto después del comienzo del ejercicio los hombres del grupo control y los hombres atletas mostraron mayores valores de presión intracompartimental que las mujeres del grupo control y que las mujeres atletas, indicando una probable diferencia sexual tanto entre los controles como entre los atletas
- Se requieren estudios adicionales acerca de los factores que pueden predisponer al CECS, tal como el incremento de la presión intracompartimental en poblaciones asintomáticas, para establecer el diagnóstico en el tiempo apropiado

REFERENCIAS

1. Barnes, B (1997). Diagnosis and management of chronic compartment syndrome: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine* 31, 21-27
2. Baumgartl, P (1990). Treadmill ergometry and heart-volumes in elite biathletes: a longitudinal study. *International Journal of Sports Medicine* 11(3), 223-227
3. Birtles, D.B., Rayson, M.P., Jones, D.A., Padhiar, N., Casey, A. and Newham, D.J (2002). Effect of eccentric exercise on patients with chronic exertional compartment syndrome. *European Journal of Applied Physiology* 88(6), 565-571
4. Blackman, P.G (2000). A review of chronic exertional compartment syndrome in the lower leg. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(Suppl. 3), S4-10
5. Bong, M.R., Polatsch, D.B., Jazrawi, L.M. and Rokito, A.S (2005). Chronic exertional compartment syndrome: diagnosis and management. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases* 66(3-4), 77-84
6. Brennan, F.H. and Kane, S.F (2003). Diagnosis, treatment options, and rehabilitation of chronic lower leg exertional compartment syndrome. *Current Sports Medicine Reports* 2(5), 247-250
7. Dayton, P., Goldman, F.D. and Barton, E (1990). Compartment pressure in the foot: Analysis of normal values and measurement technique. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 88, 521- 525
8. Detmer, D.E., Sharpe, K., Sufit, R. L. and Girdley, F.M (1985). Chronic compartment syndrome: diagnosis, management and outcomes. *American Journal of Sports Medicine* 13, 162-170
9. Fronek, J., Mubarak, S.J., Hargens, A.R., Lee, Y.F., Gershuni, D.H., Garfin, S.R. and Akeson W.H (1987). Management of chronic exertional anterior compartment syndrome of the lower extremity. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 220, 217-227
10. Hargens, A.R. and Mubarak, S.J (1998). Current concepts in the pathophysiology, evaluation, and diagnosis of compartment syndrome. *Hand Clinics* 14(3), 371-383
11. Howard, J.L., Mohtadi, N.G. and Wiley, J.P (2000). Evaluation of outcomes in patients following surgical treatment of chronic exertional compartment syndrome in the leg. *Clinical Journal of Sport Medicine* 10(3), 176-184
12. Hutchinson, M.R. and Ireland, M.L (1994). Common compartment syndromes in athletes: treatment and rehabilitation. *Sports Medicine* 17, 200-208
13. Keppel, G (1991). Design and analysis: A researchers handbook. 3rd edition. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall*
14. Kostopoulos N., Fatouros I.G., Siatitsas I., Baltopoulos P., Kambas A., Jamurtzas A.Z. and Fotinakis P (2004). Intense basketball-simulated exercise induces muscle damage in men with elevated anterior compartment pressure. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(3), 451-458
15. Logan J.G., Rorabeck C.H. and Castle G.S (1983). The measurement of dynamic compartment pressure during exercise. *American Journal of Sports Medicine*. 11(4), 220-223
16. McDermott, A.G., Marble, A.E., Yabsley, R.H. and Phillips, M.B (1982). Monitoring dynamic anterior compartment pressures during exercise. A new technique using the STIC catheter. *American Journal of Sports Medicine* 10(2), 83-89
17. Mohler LR, Styf JR, Pedowitz RA, Hargens, A.R. and Gershuni, D.H (1997). Intramuscular deoxygenation during exercise in patients who have chronic anterior compartment syndrome of the leg. *Journal of Bone and Joint Surgery (Am)* 79, 844-849
18. Padhiar, N. and King, J.B (1996). Exercise induced leg pain-chronic compartment syndrome. Is the increase in intracompartiment pressure exercise specific?. *British Journal of Sports Medicine* 33, 360-362
19. Pedowitz, R.A., Hargens, A.R., Mubarak, S.J. and Gershuni D.H (1990). Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg. *American Journal of Sports Medicine* 18(1), 35-40
20. Potteiger, J.A., Carper, M.J., Randall, J.C., Magee, L.J., Jacobsen, D.J. and Hulver, M.W (2002). Changes in Lower Leg Anterior Compartment Pressure Before, During, and After Creatine Supplementation. *Journal of Athletic Training* 37(2), 157-163
21. Qvarfordt, P., Christenson, J.T., Eklof, B., Ohlin, P. and Saltin, B (1983). Intramuscular pressure, muscle blood flow, and skeletal muscle metabolism in chronic anterior tibial compartment syndrome. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 179, 284-290

22. Rorabeck, C.H., Bourne, R.B., Fowler, P.J., Finlay, J.B. and Nott, L (1988). The role of tissue pressure measurement in diagnosing chronic anterior compartment syndrome. *American Journal of Sports Medicine* 116(2), 143-146
23. Schissel, D.J. and Godwin, J (1999). Effort-related chronic compartment syndrome of the lower extremity. *Military Medicine* 164(11), 830-832
24. Styf, J (1988). Diagnosis of exercise-induced pain in the anterior aspect of the lower leg. *American Journal of Sports Medicine* 116, 165-169
25. Tzortziou, V., Maffulli, N. and Padhiar, N (2006). Diagnosis and management of chronic exertional compartment syndrome (CECS) in the United Kingdom. *Clinical Journal of Sport Medicine* 16(3), 209-213
26. Van den Brand, J.G., Nelson, T., Verleisdonk, E.J. and van der Werken, C (2005). The diagnostic value of intracompartmental pressure measurement, magnetic resonance imaging, and near-infrared spectroscopy in chronic exertional compartment syndrome: a prospective study in 50 patients. *American Journal of Sports Medicine* 333(5), 699-704
27. Winston, B.Y., Gustavo, M.S.B., Sidnei, L., Hamilton, A.R., Marcelo, J.A. and Francisco, H.A.M (2004). Chronic compartment syndrome of the lower limbs. *Jornal Vascular Brasileiro* 4(2), 155-161

Cita Original

Panagiotis Baltopoulos, Eugenia Papadakou, Maria Tsironi, Panagiotis Karagounis and George Prionas. Pre, During, and Post Exercise Anterior Tibial Compartment Pressures in Long Distance Runners. *Journal of Sports Science and Medicine* (2008) 7, 96 - 100