

Actividad física y deporte

Oswaldo Ceballos Gurrola
José Leandro Tristán Rodríguez
Blanca Rocío Rangel Colmenero
Rosa Elena Medina Rodríguez
Rosa María Cruz Castruita
Jeanette Magnolia López Walle



Índice

Presentación	7
Actividad física y salud	
1 Beneficios de la actividad física y programa multicomponente: estrategias en la salud del adulto mayor	15
2 Métodos de medición para la evaluación de la composición corporal en el deporte: antropometría y DEXA	29
3 Liberación de marcadores cardíacos con el ejercicio	47
Educación física	
4 Autonomía curricular como una opción de crecimiento. Propuesta de interdisciplinariedad de la Educación Física	59
5 Educación Física en México. Revisión de estudios basados en la teoría de la autodeterminación	85
6 Desarrollo y proyección de talentos deportivos desde la Educación Física con enfoque en el deporte del tenis	97
Entrenamiento deportivo	
7 La utilización del dispositivo GPS en el fútbol	115
8 Variabilidad de la frecuencia cardíaca: Implicaciones prácticas en el rendimiento deportivo	127
9 Cuantificación de la carga interna: el estímulo de entrenamiento ...	143
Gestión deportiva	
10 Gestión eficaz de los recursos en las entidades deportivas	163
11 Modelos de gestión en la actividad física y el deporte	177
12 Bases metodológicas, técnicas de análisis de datos y plataforma online aplicadas en la Gestión Deportiva	193
Psicología deportiva	
13 Cómo comunicar la presentación de las tareas y el feedback correctivo de forma eficaz	211
14 Dureza mental en el deporte de élite	219

3. Liberación de marcadores cardiacos con el ejercicio

Ricardo Navarro-Orocio¹, Luis Enrique Carranza-García¹, Jose Omar Lagunes-Carrasco¹, Romario Rivelino Jiménez-Gaytán¹, Joaquín Reverter-Masià²

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León/México

² Universidad de Lleida/España

Email: ricardo.navarro@uanl.mx

3.1 Introducción

Son ampliamente conocidos los beneficios derivados de la práctica de la actividad física moderada sobre el mantenimiento de la salud así como en la prevención de diversas enfermedades entre las cuales podemos mencionar la reducción del riesgo por enfermedad coronaria, diabetes, hipertensión y muerte prematura (Allender, Peto, Scarborough, Boxer & Rayner, 2006; Warburton, Nicol & Bredin, 2006; World Health Organization [WHO], 2003), desafortunadamente, la falta de actividad física ha disminuido en la actualidad, incluso se considera uno de los mayores problemas de salud pública en este siglo (Blair, 2009), debido a su importancia diversos organismos como el Colegio Americano de Medicina del Deporte recomiendan la práctica de actividad física de forma moderada, en niños y adolescentes de 5-16 años de edad realizar 60 minutos diarios de actividad física de intensidad moderada-vigorosa (O'Donovan et al., 2010), los adultos sanos realizar 30 minutos de actividad moderada 5 veces por semana, o 20 minutos de actividad vigorosa mínimo 3 veces por semana (Haskell et al., 2007; U. S. Department of Health and Human Services & U. S. Department of Agriculture, 2005). Sin embargo a pesar de estas recomendaciones, la cantidad de ejercicio que genera el mayor beneficio para la salud no ha sido definida y quizá varíe entre individuos debido a su genética, género, composición corporal y edad (Haskell et al., 2007). Por lo anterior, existe una gran controversia sobre los efectos que puede tener el ejercicio sobre el corazón, incluso algunos autores (La Gerche & Prior, 2007) mencionan que pueden existir riesgos derivados de dicha actividad, indicando que puede existir un punto en el cual durante las actividades extenuantes y extremas los beneficios sean muy pocos y por el contrario aumente la probabilidad de presentarse eventos de arritmia, incluso hay casos de muerte cardiaca súbita durante y después de las carreras de larga duración como la maratón (Maron, Poliac, & Roberts, 1996; Noakes, 1987), lo que ha causado que tanto atletas como médicos se pregunten si correr este tipo de competiciones dañe el corazón, por ejemplo, se ha estimado que la muerte cardiaca súbita se produce en 1 de cada 50.000 participantes en maratón (Siegel, et al., 2008).

En la actualidad, una gran cantidad de deportistas aficionados participan en competiciones como maratón, media maratón y ciclismo, actividades en las cuales se debe tener una condición física adecuada acorde a dichas pruebas, y sin embargo

estos sujetos superan los parámetros de volumen e intensidad establecidos para el mantenimiento de la salud. Con respecto a deportistas élite, estos sujetos acusan grandes cargas de trabajo debido al calendario de competición cada vez más exigente, quienes a diferencia de los deportistas aficionados tienen un mejor nivel técnico y seguimiento de un equipo multidisciplinario. Debido a un acusado aumento de deportistas amateurs y élite que participan en competiciones como carreras atléticas se ha podido determinar que se liberan a la sangre marcadores de daño cardiaco tanto en competiciones de larga duración como en deportes intermitentes, generando controversia sobre los efectos negativos que pudieran tener estas actividades sobre el corazón, debido a que existe una gran cantidad de evidencias que sugieren que el ejercicio prolongado extenuante puede inducir la aparición de marcadores cardiacos como N-terminal pro brain natriuretic peptide (NT-proBNP) o B-type natriuretic peptide (BNP) y troponinas cardiacas (cTnT y cTnI) (Serrano-Ostáriz et al., 2011; Scharhag, George, Shave, Urhausen, & Kindermann, 2008; Shave, George, & Gaze, 2007), siendo estos marcadores clínicamente indicativos de disfunción ventricular y necrosis miocárdica (Collinson, Stubbs, & Kessler, 2003) respectivamente; en consecuencia, la elevación de cTn durante o después del ejercicio ha generado interés y preocupación en atletas, científicos y médicos.

3.2 Marcadores específicos de daño cardiaco

Los marcadores de daño cardiaco son sustancias contenidas en el interior del cardiocito que se liberan a la sangre cuando hay "muerte celular". Desde 1954 los marcadores biológicos evaluaron la necrosis miocárdica mediante el aspartato aminotransferasa (AST), posteriormente surgieron la lactato deshidrogenasa (LDH) y α -hydroxybutyrate. Con el paso de los años se empezaron a utilizar las distintas fracciones de creatinquinasa (CK) que es liberada durante necrosis muscular (incluyendo cardiaca), subsecuentemente son descritas las isoenzimas CK: fracciones MM, MB y BB; siendo todos estos marcadores no específicos. Fue en 1987 cuando la troponina I se señaló como un marcador específico para infarto agudo al miocardio (IAM). Actualmente la troponina cardiaca (cTn) es un marcador cardiaco específico de daño celular utilizado en el diagnóstico de IAM (Thygesen et al., 2012). En el aspecto clínico, la elevación de un marcador sensible y específico por encima de su límite máximo de referencia (LMR) identifica la existencia de un IAM.

3.2.1 Tipos de marcadores cardiacos

Los marcadores cardiacos más utilizados en la actualidad son:

- **Creatinquinasa total.** Puede encontrarse por encima de su LMR a partir de las 4-6 horas de que se presentan los síntomas, desafortunadamente se eleva en una gran variedad de condiciones patológicas, así como con la actividad física, sin que exista necrosis miocárdica (Santaló, Soldevila & Ordóñez, 2003).
- **CK-MB.** Se encuentra en una escasa proporción del músculo esquelético, puede elevarse con el ejercicio extremo, miopatías genéticas o secundarias, así como en

neoplasias, puede detectarse después de las 4-6 horas del inicio de los síntomas del IAM, permanece elevada 24-36 horas después del inicio de los síntomas. El LMR de CK-MB_{act} es 8 U/L y de CK-MB_{mass} es 8,0 ng/mL (De Winter, Koster, Sturk & Sanders, 1995).

- **Mioglobina (Myo).** El ejercicio físico, la insuficiencia renal, distrofias musculares pueden producir aumento de esta proteína, puede detectarse entre las 6-12 horas y desaparece a las 12-24 horas del mismo día. El LMR para Myo es de 90 ng/mL (De Winter, Koster, Sturk & Sanders, 1995).
- **Troponinas.** Existen tres diferentes tipos de troponinas, las cuales son la C, la T y la I; son consideradas hoy en día el estándar de oro para el diagnóstico de IAM para la Sociedad Europea de Cardiología y el Colegio Americano de Cardiología, la troponina T se detecta en plasma después de 4-6 horas, tiene un máximo inicial a las 12 horas de los síntomas, seguida de una meseta hasta las 48 hrs y un descenso paulatino a los 10 días. El LMR de cTnT es $<0,01 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ y de cTnI entre $0,04$ y $0,8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ en función de las diferentes pruebas de laboratorio disponibles (Apple, Quist, Doyle, Otto & Murakami, 2003).
- **Troponina cardiaca T altamente sensible (hs-cTnT).** Las elevaciones de este marcador se detectan en concentraciones más bajas y con mayor precisión en aproximadamente 2 horas después de la aparición de los síntomas. Permite una definición más precisa a diferencia de las troponinas cardiacas cuarta generación. El LMR para hs-cTnT se estableció a 14 ng/L (Giannitsis et al., 2010).
- **Prohormona N-Terminal del péptido natriurético cerebral (NT-proBNP).** Es una prueba específica para el diagnóstico o para la exclusión de la insuficiencia cardiaca (IC), puede elevarse en pacientes con síndrome coronario agudo, tromboembolia pulmonar, arritmias auriculares, neuropatías evolucionadas, también se está analizando el efecto de la obesidad y la disfunción renal en los valores de NT-proBNP. Para NT-proBNP se ha establecido un LMR de $125 \text{ ng}\cdot\text{L}^{-1}$ (Raymond et al., 2003).

3.3 Factores asociados a la liberación de marcadores específicos de daño cardiaco con el ejercicio

3.3.1 Duración e intensidad

Existe un creciente reconocimiento de que el aumento leve de troponina en suero sucede a menudo después del ejercicio prolongado, pero por razones no claras la prevalencia y concentración absoluta de este marcador varía considerablemente, así dentro de los componentes del entrenamiento la duración e intensidad son dos factores que se han asociado a la liberación de los marcadores cardiacos, diversos autores han indicado la relación entre la intensidad y la liberación de los marcadores cardiacos (Carranza-

García et al., 2011; Fu, Nie & Tong, 2009; Serrano-Ostáriz et al., 2009), por ejemplo, se han observado correlaciones significativas aunque débiles entre la duración del esfuerzo y el incremento de los niveles de NT-proBNP (Herrmann et al., 2003; Scharhag et al., 2005; Serrano-Ostáriz et al., 2009). En estudios controlados por la duración e intensidad de esfuerzo se ha verificado que la intensidad del ejercicio influencia el incremento de cTnI pero no de NT-proBNP (Serrano-Ostáriz et al., 2011). Se ha mostrado que los valores pico postesfuerzo de NT-proBNP después de 60 min son superiores a los que observaron después de esfuerzos de más corta duración (30 min) (Legaz-Arrese et al., 2015c) e inferiores a los observados en media maratón (Vidotto et al., 2005), maratón (Neilan et al., 2006), y pruebas de ultraresistencia (Serrano-Ostáriz et al., 2009). Estudios previos han mostrado que el incremento de NT-proBNP está asociado con la duración (Serrano-Ostáriz et al., 2011, 2009), pero no por la intensidad (Legaz-Arrese et al., 2011; Serrano-Ostáriz et al., 2011, 2009).

3.3.2 Nivel de entrenamiento

Los años de entrenamiento son un factor que han considerado algunos autores en diversas ocasiones en respuesta a la elevación de las troponinas (Nie et al., 2011a; Serrano-Ostáriz et al., 2009; Tian et al., 2006), por ejemplo, Herrmann et al. (2003), al analizar NT-proBNP en maratonistas encontraron una débil relación entre el aumento de este marcador y los años de entrenamiento. Datos similares a los observados por Neilan et al. (2006), quienes encontraron una menor elevación de cTnT y NT-proBNP en sujetos con mayor entrenamiento. Recientemente Legaz-Arrese et al. (2015b), en personas no entrenadas encontraron que 1 h de esfuerzo a máxima intensidad incide en la elevación de hs-cTnT, en el cual el 64-71% de los sujetos presentaron valores por encima del LMR.

3.3.3 Tipo de esfuerzo

En un estudio en el cual se evaluaron tres distintas modalidades deportivas, Legaz-Arrese et al. (2015a) analizaron hs-cTnT después de 60 min de nadar, correr y pedalear a su máxima intensidad en 15 triatletas, encontrando que el incremento de la troponina fue similar en todos los ejercicios. Recientemente, Guiraud et al. (2013), en ejercicios intervalicos de alta intensidad la cTnT permaneció sin cambios; similar a esto, Normandin et al., (2013), tampoco encontraron cambios significativos en cTnT y BNP después de ejercicios interválicos de alta intensidad. Por otra parte, en el estudio de Ranjbar, Ahmadi, Zar, & Krstrup (2017), al comparar ejercicio intermitente y continuo en sujetos sedentarios con la misma carga de trabajo, se encontró una mayor concentración de hs-cTnT en el ejercicio continuo que en el intermitente. En esfuerzos de corta duración se ha observado liberación hs-cTnT en adultos posterior a una hora de spinning (Duttaroy, Thorell, Karlsson, & Börjesson, 2012), en triatletas después de nadar, correr y pedalear (Legaz-Arrese et al., 2015a) y en corredores después de un programa de resistencia (Legaz-Arrese et al., 2015b), en basquetbol (López-Laval et al., 2015). De la misma forma, se observó elevación de cTnT y cTnI en niños al practicar tenis de mesa (Ma, Liu, & Liu, 2014).

3.3.4 Género

La influencia del género sobre el incremento de marcadores específicos de daño cardíaco ha sido muy poco estudiada. Únicamente un estudio controlado de Carranza-García et al. (2011), ha analizado la influencia del género en sujetos adultos altamente entrenados sobre la liberación de marcadores cardíacos en el cual no se observaron diferencias en el incremento de cTnI, ni cTnT entre hombres y mujeres, además la NT-proBNP se elevó más en mujeres que en hombres. Por otra parte, Traiperm, Gatterer, Wille & Burtscher (2012), analizaron cTnT y cTnI después de una maratón en adolescentes de ambos sexos, no encontrando diferencias en la liberación de ambos marcadores. Estos resultados son contrarios a lo observado por Kong et al. (2017), quienes analizaron cTnT después de una media maratón en adolescentes encontrando que este marcador se elevó más en hombres que en mujeres, recientemente en el estudio de Legaz-Arrese et al. (2017) se evidenciaron datos similares en jugadores de polo acuático utilizando hs-cTnT, además, el aumento de NT-proBNP aunque se elevó en ambos géneros las diferencias no fueron significativas, acorde a lo encontrado por Sahlén et al. (2009), sin embargo otros trabajos han reportado valores superiores en mujeres para la NT-proBNP (Carranza-García et al., 2011; Vidotto et al., 2005).

3.3.5 Adolescentes

Actualmente se desconoce si la liberación de los marcadores cardíacos con el ejercicio es debido a un proceso fisiológico o patológico con posibles repercusiones a largo plazo y si su liberación varía en función de la edad biológica. Por ello, es importante la realización de investigaciones en adolescentes considerando no solo la edad cronológica y analizar la respuesta de los marcadores cardíacos con el ejercicio en sujetos jóvenes. La mayor cantidad de estudios que analizan la liberación de marcadores cardíacos con el ejercicio se han llevado a cabo en personas adultas, sin embargo, recientemente se resalta la importancia en estudios realizados en adolescentes en los cuales diversos autores mencionan en sus limitantes la importancia de establecer rangos de referencia de poblaciones, ya que dentro de sus hallazgos sugieren que la liberación de los marcadores cardíacos en adolescentes es más pronunciado que en adultos (Nie et al., 2011c). En otro trabajo Tian, Nie, Huang & George (2012), mencionan que en esfuerzos prolongados los sujetos en desarrollo presentan mayor liberación de cTnT debido a la inmadurez del corazón, y que entre más joven mayor es la elevación de este biomarcador. Son pocos los estudios que analizan la liberación de marcadores cardíacos con el ejercicio en adolescentes en diversas modalidades deportivas, por ejemplo, después de realizar pruebas de larga duración (Barakat, Pezzilli, & Prestinzena, 2014; Fu et al., 2010, 2009; Kong et al., 2017; Nie et al., 2011abc; Tian et al., 2006, 2012), esfuerzos intermitentes (López-Laval et al., 2015; Nie et al., 2008), sin embargo la prevalencia de adolescentes que superan el LMR de marcadores cardíacos es muy variable entre estudios debido a numerosos factores no controlados.

3.3.6 Madurez biológica

Son pocos los estudios que han analizado la relación de la influencia del nivel de madurez biológica y la liberación de marcadores cardíacos con el ejercicio, en uno de ellos Traiperm et al. (2012) analizaron cTnT y cTnI en una maratón mediante un estudio no controlado, mencionan que el incremento de troponinas después del ejercicio es similar entre adolescentes y adultos, datos similares fueron observados por Legaz-Arrese et al. (2017) quienes analizaron hs-cTnT en nadadores después de una hora de nado, indicando que la liberación de este marcador no se asocia con el nivel de maduración, sin embargo para NT-proBNP los adolescentes y adultos evidenciaron un aumento y variabilidad similar. En el trabajo de López-Laval et al. (2015) después de un partido de baloncesto no se observaron diferencias significativas entre adolescentes y adultos en la liberación de cTnI. Por otra parte, en otro estudio no controlado Nie et al. (2011c) al realizar una media maratón analizaron cTnT. Los autores especulan que la elevación de este marcador es más pronunciado en adolescentes que en adultos. Además, en un estudio controlado Tian et al. (2012) encontraron que después de correr 90 min al 95% de UV los adolescentes liberaron más la hs-cTnT que los adultos y la liberación de NT-proBNP fue similar en ambos grupos.

Es importante mencionar las posibles explicaciones del porque la prevalencia y concentración absoluta de los marcadores cardíacos varía considerablemente entre sujetos: las diferencias en el nivel de entrenamiento de los participantes, el tipo o duración del ejercicio, el tiempo de la muestra después del ejercicio, el ensayo de troponina utilizado, y el límite de detección para definir un resultado positivo de troponina.

Los hallazgos de los trabajos proporcionan más apoyo a la hipótesis de que la liberación de marcadores cardíacos con el ejercicio refleja un proceso que puede indicar fugas citosólicas transitorias propagadas por daños en la membrana, en lugar de necrosis de cardiomiocitos, así esto sugiere un fenómeno fisiológico y no patológico.

Referencias

- Allender, S., Peto, V., Scarborough, P., Boxer, A., & Rayner, M. (2006). *Coronary heart disease statistics*. Oxford: British Heart Foundation Health Promotion Research Group.
- Apple, F. S., Quist, H. E., Doyle, P. J., Otto, A. P., & Murakami, M. M. (2003). Plasma 99th percentile reference limits for cardiac troponin and creatine kinase MB mass for use with European Society of Cardiology/American College of Cardiology consensus recommendations. *Clinical Chemistry*, 49(8), 1331-1336.
- Barakat, B., Pezzilli, R., & Prestinzenza, P. (2014). Elevated serum high-sensitive cardiac troponin T in adolescent runner: exercise or something else? *Emergency Care Journal*, 10(1), 5-7. doi:10.4081/ecj.2014.1744.
- Blair, S. N. (2009). Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), 1-2. doi:43/1/1 [pii].

- Carranza-García, L. E., George, K., Serrano-Ostáriz, E., Casado-Arroyo, R., Caballero, Navarro, A. L., & Legaz-Arrese, A. (2011). Cardiac biomarker response to intermittent exercise bouts. *International Journal of Sports Medicine*, 32(5), 327–331. doi: 10.1055/s-0030-1263138.
- Collinson, P. O., Stubbs, P. J., & Kessler, A. C. (2003). Multicentre evaluation of the diagnostic value of cardiac troponin T, CK-MB mass, and myoglobin for assessing patients with suspected acute coronary syndromes in routine clinical practice. *Heart (British Cardiac Society)*, 89(3), 280–6. doi:10.1136/heart.89.3.280.
- De Winter, R. J., Koster, R. W., Sturk, A., & Sanders, G. T. (1995). Value of myoglobin, troponin T, and CK-MB mass in ruling out an acute myocardial infarction in the emergency room. *Circulation*, 92(12), 3401-3407.
- Duttaroy, S., Thorell, D., Karlsson, L., & Börjesson, M. (2012). A single-bout of one-hour spinning exercise increases troponin T in healthy subjects. *Scandinavian Cardiovascular Journal*, 46(1), 2–6. doi: 10.3109/14017431.2011.622783.
- Fu, F. H., Nie, J., George, K., Tong, T. K., Lin, H., & Shi, Q. (2010). Impact of a 21-km Run on Cardiac Biomarkers in Adolescent Runners. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 8(2), 61–66. doi:10.1016/S1728-869X(10)60009-3.
- Fu, F., Nie, J., & Tong, T. K. (2009). Serum Cardiac Troponin T in Adolescent Runners: Effects of Exercise Intensity and Duration. *International Journal of Sports Medicine*, 30(03), 168–172. doi:10.1055/s-0028-1104586.
- Giannitsis, E., Kurz, K., Hallermayer, K., Jarausch, J., Jaffe, A. S., & Katus, H. A. (2010). Analytical validation of a high-sensitivity cardiac troponin T assay. *Clinical Chemistry*, 56(2), 254–261. doi: 10.1373/clinchem.2009.132654.
- Guiraud, T., Gayda, M., Juneau, M., Bosquet, L., Meyer, P., Théberge-Julien, G., ... & Tardif, J. C. (2013). A single bout of high-intensity interval exercise does not increase endothelial or platelet microparticles in stable, physically fit men with coronary heart disease. *Canadian Journal of Cardiology*, 29(10), 1285-1291.
- Haskell, W. L., Lee, I-M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., ... Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1423–1434.
- Herrmann, M., Scharhag, J., Miclea, M., Urhausen, A., Herrmann, W., & Kindermann, W. (2003). Post-Race Kinetics of Cardiac Troponin T and I and N-Terminal Pro-Brain Natriuretic Peptide in Marathon Runners. *Clinical Chemistry*, 49(5), 831–834. doi:10.1373/49.5.831.
- Kong, Z., Nie, J., Lin, H., George, K., Zhao, G., Zhang, H., ... & Shi, Q. (2017). Sex differences in release of cardiac troponin T after endurance exercise. *Biomarkers*, 22(3-4), 345-350.
- La Gerche, A., & Prior, D. L. (2007). Exercise—Is it Possible to Have Too Much of a Good Thing? *Heart, Lung and Circulation*, 16, S102–S104. doi:10.1016/j.hlc.2007.03.014.
- Legaz-Arrese, A., Carranza-García, L. E., Navarro-Orocio, R., Valadez-Lira, A., Mayolas-Pi, C., Munguía-Izquierdo, D., ... George, K. (2017). Cardiac biomarker release after endurance exercise in male and female adults and adolescents with different pubertal status. *The Journals of Pediatrics*, 191, 96-102.

- Legaz-Arrese, A., George, K., Carranza-García, L. E., Munguía-Izquierdo, D., Moros-García, T., & Serrano-Ostáriz, E. (2011). The impact of exercise intensity on the release of cardiac biomarkers in marathon runners. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 2961–2967. doi:10.1007/s00421-011-1922-3.
- Legaz-Arrese, A., López-Laval, I., George, K., Puente-Lanzarote, J. J., Castellar-Otín, C., Reverter-Masià, J., & Munguía-Izquierdo, D. (2015a). Individual variability of high-sensitivity cardiac troponin levels after aerobic exercise is not mediated by exercise mode. *Biomarkers*, 20(4), 219–224. doi: 10.3109/1354750X.2015.1068851.
- Legaz-Arrese, A., López-Laval, I., George, K., Puente-Lanzarote, J. J., Mayolas-Pi, C., Serrano-Ostáriz, E., ... Reverter-Masià, J. (2015b). Impact of an endurance training program on exercise-induced cardiac biomarker release. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 308(8), H913–H920. doi:10.1152/ajpheart.00914.2014.
- Legaz-Arrese, A., López-Laval, I., George, K., Puente-Lanzarote, J. J., Moliner-Urdiales, D., Ayala-Tajuelo, V. J., ... Reverter-Masià, J. (2015c). Individual variability in cardiac biomarker release after 30 min of high-intensity rowing in elite and amateur athletes. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 958(May), 951–958.
- López-Laval, I., Legaz-Arrese, A., George, K., Serveto-Galindo, O., González-Rave, J. M., Reverter-Masià, J., & Munguía-Izquierdo, D. (2015). Cardiac troponin I release after a basketball match in elite, amateur and junior players. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, (CCLM). doi:10.1515/cclm-2015-0304.
- Ma, G., Liu, Y., & Liu, K. (2014). Influence of repeated bouts of table tennis training on cardiac biomarkers in children. *Pediatric cardiology*, 35(4), 711–718.
- Maron, B. J., Poliac, L. C., & Roberts, W. O. (1996). Risk for sudden cardiac death associated with marathon running. *Journal of the American College of Cardiology*, 28(2), 428–431. doi:10.1016/0735-1097(96)00137-4.
- Neilan, T. G., Januzzi, J. L., Lee-Lewandrowski, E., Ton-Nu, T. T., Yoerger, D. M., Jassal, D. S., ... Wood, M. J. (2006). Myocardial injury and ventricular dysfunction related to training levels among nonelite participants in the Boston Marathon. *Circulation*, 114(22), 2325–2333. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.647461.
- Nie, J., George, K. P., Tong, T. K., Gaze, D., Tian, Y., Lin, H., & Shi, Q. (2011a). The influence of a half-marathon race upon cardiac troponin T release in adolescent runners. *Current Medicinal Chemistry*, 18(23), 3452–3456. doi:10.2174/092986711796642625.
- Nie, J., George, K. P., Tong, T. K., Tian, Y., & Shi, Q. (2011b). Effect of Repeated Endurance Runs on Cardiac Biomarkers and Function in Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(11), 2081–2088. doi:10.1249/MSS.0b013e31821d4a82.
- Nie, J., Tong, T. K., George, K., Fu, F. H., Lin, H., & Shi, Q. (2011c). Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(5), 625–629. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01096.x.
- Nie, J., Tong, T. K., Shi, Q., Lin, H., Zhao, J., & Tian, Y. (2008). Serum cardiac troponin response in adolescents playing basketball. *International Journal of Sports Medicine*, 29(6), 449–452. doi:10.1055/s-2007-989236.

- Noakes, T. D. (1987). Heart disease in marathon runners: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(3), 187-194.
- Normandin, E., Nigam, A., Meyer, P., Juneau, M., Guiraud, T., Bosquet, L., ... & Gayda, M. (2013). Acute responses to intermittent and continuous exercise in heart failure patients. *Canadian Journal of Cardiology*, 29(4), 466-471.
- O'Donovan, G., Blazevich, A., Boreham, C., Cooper, A., Crank, H., Ekelund, U., ... Stamatakis, E. (2010). The ABC of physical activity for health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. *Journal of Sports Sciences*, 28, 573-591.
- Ranjbar, R., Ahmadi, M. A., Zar, A., & Krusturup, P. (2017). Acute effect of intermittent and continuous aerobic exercise on release of cardiac troponin T in sedentary men. *International journal of cardiology*, 236, 493-497.
- Raymond, I., Groenning, B. A., Hildebrandt, P. R., Nilsson, J. C., Baumann, M., Trawinski, J., & Pedersen, F. (2003). The influence of age, sex and other variables on the plasma level of N-terminal pro brain natriuretic peptide in a large sample of the general population. *Heart (British Cardiac Society)*, 89(7), 745-51. doi: 10.1136/heart.89.7.745.
- Santaló, M., Soldevila, G. & Ordóñez, J. (2003). Marcadores biológicos de necrosis miocárdica. *Revista Española de Cardiología*, 56(7), 703-20.
- Sahlén, A., Gustafsson, T. P., Svensson, J. E., Marklund, T., Winter, R., Linde, C., & Braunschweig, F. (2009). Predisposing factors and consequences of elevated biomarker levels in long-distance runners aged >or=55 years. *The American Journal of Cardiology*, 104(10), 1434-40. doi: 10.1016/j.amjcard.2009.06.067.
- Scharhag, J., George, K., Shave, R., Urhausen, A., & Kindermann, W. (2008). Exercise-Associated Increases in Cardiac Biomarkers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(8), 1408-1415. doi:10.1249/MSS.0b013e318172cf22.
- Scharhag, J., Herrmann, M., Urhausen, A., Haschke, M., Herrmann, W., & Kindermann, W. (2005). Independent elevations of N-terminal pro-brain natriuretic peptide and cardiac troponins in endurance athletes after prolonged strenuous exercise. *American Heart Journal*, 150(6), 1128-1134. doi:10.1016/j.ahj.2005.01.051.
- Serrano-Ostáriz, E., Legaz-Arrese, A., Terreros-Blanco, J. L., López-Ramón, M., Cremades-Arroyos, D., Carranza-García, L. E., ... Bocos-Terraz, P. (2009). Cardiac biomarkers and exercise duration and intensity during a cycle-touring event. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 19(4), 293-299. doi:10.1097/JSM.0b013e3181ab3c9d.
- Serrano-Ostáriz, E., Terreros-Blanco, J. L., Legaz-Arrese, A., George, K., Shave, R., Bocos-Terraz, P., ... Carranza-García, L. E. (2011). The impact of exercise duration and intensity on the release of cardiac biomarkers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 244-249. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01042.x.
- Shave, R., George, K., & Gaze, D. (2007). The influence of exercise upon cardiac biomarkers: a practical guide for clinicians and scientists. *Current Medicinal Chemistry*, 14(13), 1427-36. doi:10.2174/092986707780831177.
- Siegel, A. J., Januzzi, J., Sluss, P., Lee-Lewandrowski, E., Wood, M., Shirey, T., & Lewandrowski, K. B. (2008). Cardiac biomarkers, electrolytes, and other analytes in collapsed marathon runners: implications for the evaluation of runners following competition. *American Journal of Clinical Pathology*, 129(6), 948-51. doi:10.1309/4L0M60MGAQBCHMV7.

- Traiperm, N., Gatterer, H., Wille, M., & Burtscher, M. (2012). Cardiac Troponins in Young Marathon Runners. *The American Journal of Cardiology*, 110(4), 594–598. doi:10.1016/j.amjcard.2012.03.052.
- Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Simoons, M. L., Chaitman, B. R., & White, H. D. (2012). Third Universal Definition of Myocardial Infarction. *Circulation*, 126(16), 2020–2035. doi:10.1161/CIR.0b013e31826e1058.
- Tian, Y., Nie, J., Huang, C., & George, K. P. (2012). The kinetics of highly sensitive cardiac troponin T release after prolonged treadmill exercise in adolescent and adult athletes. *Journal of Applied Physiology*, 113(3), 418–425. doi:10.1152/jappphysiol.00247.2012.
- Tian, Y., Nie, J., Tong, T. K., Cao, J., Gao, Q., Man, J., ... Liu, W. (2006). Changes in serum cardiac troponins following a 21-km run in junior male runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(3), 481–488.
- U. S. Department of Health and Human Services & U. S. Department of Agriculture. (2005). *Dietary Guidelines for Americans*, 6th Edition, Washington, DC: U. S. Government Printing Office.
- Vidotto, C., Tschan, H., Atamaniuk, J., Pokan, R., Bachl, N., & Müller, M. M. (2005). Responses of N-Terminal Pro-Brain Natriuretic Peptide (NT-proBNP) and Cardiac Troponin I (cTnI) to Competitive Endurance Exercise in Recreational Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 26(8), 645–650. doi: 10.1055/s-2004-830491.
- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Médicale Canadienne*, 174(6), 801–809. doi:10.1503/cmaj.051351.
- World Health Organization WHO. (2003). *Health and Development Through Physical Activity and Sport*. World Health Organization. Geneva.