

## Vermeiden von Verletzungen, physisches Training, Ernährung

# Marathon – Der Weg ist das Ziel

Karolina Büchel<sup>a</sup>, Thomas Specht<sup>b</sup>, Heiko Krause<sup>a</sup>, Christian M. Schmied<sup>c</sup>, Jürg H. Beer<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> Departement Innere Medizin, Kantonsspital Baden

<sup>b</sup> Departement Orthopädie, Kantonsspital Baden

<sup>c</sup> Universitäres Herzzentrum, Zürich

<sup>d</sup> Zentrum für molekulare Kardiologie, Universität Zürich, Schlieren

Ziel dieser Übersichtsarbeit ist, einen kompakten Überblick über die Vorbereitung für einen Marathon zu geben und die wichtigsten pathophysiologischen Vorgänge zu beleuchten. Nach europäischen Screeningempfehlungen sollten bei Marathonläufern im Alter bis 35 Jahre zusätzlich zur ausführlichen Anamnese und körperlichen Untersuchung ein EKG, bei älteren Sportlern über 65 Jahre ein Belastungs-EKG erfolgen.

## Einleitung

Die Geschichte des Marathons beginnt bereits im Jahre 490 v. Christus, als der griechische Bote Pheidippides in zwei Tagen von Sparta nach Athen gelaufen war, um vom Sieg über die Perser zu berichten.

Die zurückzulegende Strecke beim Marathon beträgt seit den Olympischen Spielen in London 1908 genau 42,195 km. Der Weltrekord bei den Männern liegt bei einer Laufzeit von 2:02:57, bei den Frauen bei 2:15:25. Die Durchschnittszeit aller Marathonläufer beträgt jedoch 4:41:33, was die Diskrepanz zwischen Spitzen- und Breitensport aufzeigt.

Ziel dieser Übersichtsarbeit ist, einen Überblick über die Vorbereitung für einen Marathon zu geben und die wichtigsten pathophysiologischen Vorgänge, Risiken und Langzeitfolgen zu beleuchten. Hierbei soll insbesondere auf den Breitensportler eingegangen werden. Die im Artikel behandelten Themen sind:

- die Vermeidung von Verletzungen und Langzeitfolgen;
- das physische Training;
- die Ernährung.

Insgesamt wurden 80 Artikel über *Pubmed* gesichtet. Suchbegriffe stellten hierbei u.a. «Marathon», «cardiovascular risk and marathon», «sports injuries» und «nutrition for sports» dar. Eingeschlossen wurden insgesamt 43 wissenschaftliche Arbeiten, wobei es sich um Kohorten-Studien, Reviews sowie pro- und retrospektive Analysen handelt. Ausgeschlossen wurden unter anderem Arbeiten, in denen Sportler im Alter unter 18 Jahren analysiert wurden.



## Vermeidung von Verletzungen und Langzeitfolgen

### Kardiales Risiko

Statistisch versterben 0,8–1 von 100 000 «Finishern» an einem plötzlichen Herztod während oder kurz nach dem Marathonlauf [1, 2].

In mehreren Studien konnte eine signifikante Erhöhung der kardialen Biomarker (Troponin und BNP) während und direkt nach einem Marathon festgestellt werden



Karolina Büchel

[4–9]. Zudem sind in der Literatur Einschränkungen der linksventrikulären systolischen und diastolischen Funktion beschrieben, wie zum Beispiel 2006 durch Neilan et al. [4], die 22 Athleten mit einem Durchschnittsalter von 34 Jahren engmaschig echokardiographisch untersuchten. Trivax et al. [9] werteten Untersuchungen von 425 Marathon-Teilnehmern aus, wobei insbesondere eine magnetresonanztomographisch dokumentierte Dilatation des rechten Vorhofes, der rechten Kammer sowie eine Reduktion der rechtsventrikulären Ejektionsfraktion aufgezeigt werden konnten. Ebenso wiesen Knebel et al. [10] echokardiographisch eine passagere Reduktion der rechtsventrikulären Funktion nach.

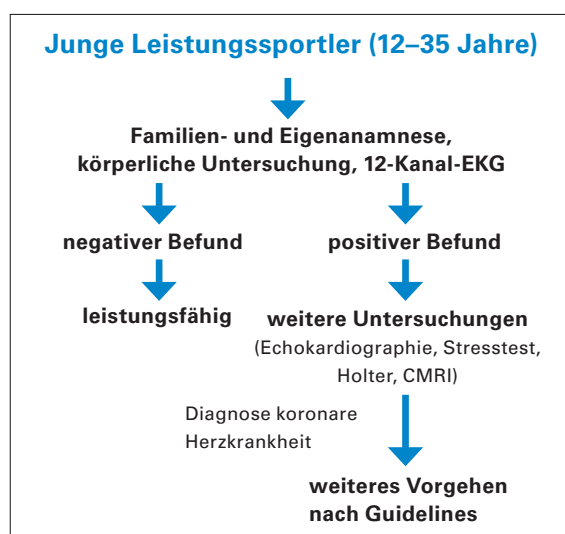
Während des Marathonlaufs wird bei Breitensportlern mittleren Alters (>50 Jahren) ein permanenter kardialer Output von 20–25 l/min über mehrere Stunden benötigt (Normwert 4,5–5 l/min) [11]. Dieser zu einem hohen Stresslevel für alle myokardialen Strukturen, inklusive der Koronarien, führende Workload kann potentiell eine funktionelle und strukturelle Maladaptation, Herzmuskelschädigung und Fibrose, insbesondere bei Sportlern dieser Altersgruppe (>50 Jahre), bedingen [11–13]. Mehrere Studien konnten jedoch eine Normalisierung der Biomarker und kardialen Funktion innerhalb kurzer Zeit belegen. So beschreiben Neilan et al. [4] eine Normalisierung der systolischen Veränderungen direkt nach dem Lauf, wobei sich die diastolischen Veränderungen ebenfalls als vollständig regredient zeigten, wenn auch erst innerhalb eines

Monats. Bildmorphologisch (kardiale Magnetresonanztomographie) fanden sich keine Hinweise auf eine Korrelation zwischen der Erhöhung der kardialen Biomarker und der strukturellen Veränderungen [14–16]. Hannssen et al. [14] bezeichneten den kardialen Stress

### Während eines Marathons benötigen Breitensportler einen permanenten kardialen Output von 20–25 l/min über mehrere Stunden.

eines Marathons bei fehlenden Hinweisen auf nekrotische Veränderungen eher als «myokardiale Überstimulation» denn als eigentliche Schädigung. Bei zusätzlich nachgewiesener mehrheitlich vollständiger Regredienz der kardialen Biomarker bereits innerhalb 24–48 h [11, 17–19] (bei akutem Myokardinfarkt hingegen nach 5–15 Tagen) sprechen diese Ergebnisse gegen eine permanente Schädigung der Kardiomyozyten und für einen reversiblen Prozess [17, 20, 21]. Weiterhin zeigte eine kürzlich erschienene Analyse von 10,9 Millionen Marathonläufern kein signifikant erhöhtes Risiko für einen plötzlichen Herztod auf [3]. Die «*European Society of Cardiology*» (ESC) hat Screeningempfehlungen für junge Ausdauerläufer im Alter von 12–35 Jahren veröffentlicht [22, 23]. Diese beinhalten die Durchführung eines 12-Kanal-EKG zusätzlich zur Anamnese und körperlichen Untersuchung, um insbesondere eine hypertrophe Kardiomyopathie als häufigsten Grund eines akuten Herztodes in dieser Altersgruppe auszuschliessen sowie andere potentiell lebensgefährliche kardiovaskuläre Pathologien zu detektieren. Das Screening sollte mit Beginn der sportlichen Aktivität, meist im Alter von 12–14 Jahren, erstmalig erfolgen und alle zwei Jahre wiederholt werden (Abb. 1).

Im Gegensatz zu den jungen Athleten ist die Hauptursache eines plötzlichen Herztodes bei älteren Sportlern die koronare Herzkrankheit, so dass von der ESC empfohlen wird, zusätzlich zu einem Ruhe-EKG, einer umfangreichen Anamnese sowie einer körperlichen Untersuchung die Bestimmung des kardiovaskulären Risikos anhand eines Risikoscores durchzuführen. In erster Linie sollte sich der Sportler bezüglich seiner Fitness und kardiovaskulären Risikofaktoren anhand eines standardisierten Fragebogens jedoch selbst einschätzen. Falls indiziert, sollte zudem ein qualifizierter Arzt aufgesucht werden, der ein standardisiertes Untersuchungsschema durchführt. Laut der sogenannten «*Systematic Coronary Risk Evaluation*» (SCORE) basiert die Einschätzung des Risikos, innerhalb zehn Jahren an einer kardialen Ursache zu versterben, auf der Bestimmung von Alter und Geschlecht, des Blutdrucks, der Cholesterinwerte und der Raucheranamnese. Die Durchführung eines Belastungs-EKG wird generell Sportlern



**Abbildung 1:** Diagramm zur Illustration des vorgeschlagenen Screeningprotokolls junger Leistungssportler. Initial sollte eine Familien- und Eigenanamnese erfolgen, gefolgt von körperlichen Untersuchungen (Blutdruck, 12-Kanal-EKG). Ergänzende Untersuchungen werden nur im Falle positiver Prätests empfohlen. In Anlehnung an [22].



**Abbildung 2:** Diagramm zur Illustration des vorgeschlagenen Screeningprotokolls für Sportler mittleren Alters.

SCORE = Systematic Coronary Risk Evaluation: Alter, Geschlecht, Blutdruck, Cholesterinwerte, Raucheranamnese. In Anlehnung an [22, 23].



**Abbildung 3:** Beispiel einer Überlastungsfolge: Stressfraktur Os metatarsale V links, siehe Pfeil.

Mit freundlicher Genehmigung von Frau Prof. R. Kubik, Institut für Radiologie, Kantonsspital Baden.

mit moderater und intensiver Belastung empfohlen. Dies sollte bei männlichen Marathonläufern ab 40 Jahren und -läuferinnen ab 50 Jahren mit mindestens einem kardiovaskulären Risikofaktor zusätzlich durchgeführt werden [23, 24]. Bei Läufern über 65 Jahren sollte die Integration eines Belastungs-EKG in das Screening auch ohne Vorhandensein offensichtlicher Risikofaktoren obligat sein (Abb. 2).

### Zahlreiche gesundheitliche Vorteile

Neben den genannten Risiken bringt ein regelmäßiges Ausdauertraining zahlreiche gesundheitliche Vorteile mit sich, wie zum Beispiel die Prävention von Diabetes, Krebserkrankungen sowie kardiovaskulärer Ereignisse durch Verbesserung der Endothelfunktion, Erhöhung der Schwelle für ventrikuläre Arrhythmien und Blutdrucksenkung [11, 25].

Durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) werden 150 min oder mehr pro Woche körperliche Betätigung empfohlen, wobei Wen et al. 2011 gezeigt haben, dass sogar ein moderates Training von ca. 15 min/Tag schon zu einem deutlichen gesundheitlichen Benefit führen kann [25].

### Muskuloskelettale Verletzungen

Bezüglich der muskuloskelettalen Verletzungen ist die Inzidenz bei Läufern mit bis zu 85% relativ hoch [26]. Besonders gefährdet sind Teilnehmer höheren Alters, mit höherem BMI, vorbestehenden, nicht sportassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden sowie Breitensportler im Gegensatz zu professionellen Läufern [27]. Beim Gehen lastet das 1,3-fache des Körpergewichts auf den Gelenken der unteren Extremität, beim Laufen sogar das 5-fache [28].

Das Überlastungssyndrom stellt die häufigste Verletzungsproblematik bei Langstreckenläufern dar. Es wird definiert als chronische Verletzung bedingt durch einen permanenten physiologischen Stress ohne suffiziente Erholungsphase [29]. Um Stressfrakturen (Abb. 3) zu vermeiden, sind keine evidenzbasierten Richtlinien bekannt. Ebenso wird der Benefit von Stretching oder Kalzium-Supplementationen kontrovers diskutiert [30]. Ursächlich sind Trainingsfehler wie zum Beispiel zu lange Laufstrecken während des Trainings, zu intensive Sprintintervalle oder ungeeignetes Schuhwerk. Macera [31] und Stephen [32] zeigten zudem in zwei unabhängigen Studien mit insgesamt über 2000 Läufern und einer Beobachtungszeit von 12 Monaten, dass das Laufen von mehr als 64 km pro Woche der bedeutendste Risikofaktor für das Erleiden einer Verletzung der unteren Extremität darstellt. Ein erhöhtes Risiko bestand weiterhin für Sportler mit bereits stattgehabten Verletzungen im vorherigen Jahr sowie bei weniger

als drei Jahren Lauferfahrung [32]. Eine Evidenz für eine vermehrte Verletzungsanfälligkeit bei einem Trainingsaufwand unter 60 km pro Woche ergab sich nicht. Rasmussen [33] empfiehlt hingegen vor einem Marathon mindestens 30 km pro Woche zu laufen, um laufbedingten Beschwerden vorzubeugen. Läufer mit Verletzungen in der Anamnese sollten besonders achtsam sein und sich bei etwaigen Verletzungen genügend Erholungszeit zugestehen [29].

### Physisches Training

Um an einem Marathon teilnehmen zu können, sollte vorgängig ein regelmässiges Training stattgefunden haben, wobei die Frequenz, die Intensität als auch das Trainingsvolumen eine wichtige Rolle spielen [34]. Die Leistung eines Marathonläufers wird durch eine Vielzahl an Parametern beeinflusst. Barandun et al. [34] wiesen nach, dass vor allem eine hohe Laufgeschwindigkeit während des Trainings und ein niedriger pro-

### Um an einem Marathon teilnehmen zu können, sollte ein regelmässiges Training stattfinden.

zentualer Körperfettanteil die Laufleistung signifikant positiv beeinflussen. Zudem spielen Faktoren wie wöchentlich gelaufene Kilometer und die Anzahl der wöchentlichen Trainingseinheiten eine Rolle [34]. Um die Laufleistung zu verbessern, wird empfohlen, das Training 4–28 Tage vor dem Wettkampf zu reduzieren, um trainingsbedingter Erschöpfung vorzubeugen. Hierbei sollte die Trainingsintensität beibehalten, jedoch das Volumen auf 60–90% reduziert werden [35].

### Zusätzliche Empfehlungen von Swiss Athletics [36]

- Während der Wochen 4 und 3 vor dem Marathon sollten wöchentlich insgesamt mindestens 50 km gelaufen werden. So wird ein langer Lauf pro Woche (z.B. 25–30 km, langsamer als im vorgesehenen Marathontempo), ein schnelles Lauftraining (z.B. 6×5 Minuten intensives Intervalltraining, schneller als das Marathontempo) und ein Training von bis zu 30 km im Marathontempo empfohlen.
- In den letzten 3 Wochen vor dem Marathon sollte man an keinen weiteren Wettkämpfen mehr teilnehmen.
- In der Woche 2 vor dem Marathon sollte die Anzahl der Kilometer auf die Hälfte reduziert und keine Strecken über 20 km mehr gelaufen werden, da diese Zeit der Erholung dient.
- In der letzten Woche vor dem Marathon wird empfohlen, nur noch kurze und leichte Trainingseinheiten (z.B. 10 km langsamer Dauerlauf) zu absolvieren.

### Ernährung

Eine optimale Ernährung während des Trainings, während und nach einem Marathon spielt eine wichtige Rolle, um eine bestmögliche Leistung zu erbringen und eine optimale Regeneration zu gewährleisten. So können die richtige Menge an Kohlenhydraten und eine adäquate Flüssigkeitszufuhr eine vorzeitige Fatigue reduzieren und die Leistung erhöhen [37]. Zu den häufigsten Faktoren, welche die körperliche Erschöpfung während und nach dem Wettkampf (Fatigue) bedingen, gehören Dehydratation und ein Kohlenhydratmangel [38].

### Kohlenhydrate

Gespeichertes Glykogen und Blutglukose sind unabdingbare Substrate für die Muskelkontraktion [39]. Um Fatigue zu vermeiden, ist ein hohes Muskel- und Leberglykogen-Level vor einem Training, insbesondere vor einem Marathon, essentiell. Die richtige Menge an Kohlenhydraten hängt von der Dauer und von der Intensität des Trainings ab und ist individuell zu bestimmen. So wird empfohlen, während des Trainings und vor dem Marathon ca. 5–12 g/kgKG/d zu sich zu nehmen («Carbo-Loading») [40]. Eine höhere Aufnahme führt zu höheren Glykogenleveln, jedoch ist anzunehmen, dass hieraus keine weitere Leistungssteigerung resultiert, wie Coyle [40] et al. 2001 in einer Studie zeigten. Einen positiven Effekt erzielen zudem die Kohlenhydrataufnahme ca. 3–4 Stunden vor dem Wettkampf und die zusätzliche Aufnahme von kleinen Mengen während des Laufens [41].

### Flüssigkeitshaushalt

Die Dehydratation stellt einen weiteren Limitationsfaktor dar, der hauptsächlich durch die Wärmeabgabe der Muskulatur bzw. das resultierende Schwitzen bedingt ist. In den Guidelines des «American College of Sports Medicine» wird empfohlen, Gewichtsverlust durch Schwitzen von mehr als 2–3% zu vermeiden, indem auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr geachtet werden sollte [42].

Zusätzlich können gastrointestinale Probleme, Hyperthermie und Hyponatriämie die Leistung beeinträchtigen und sich im Extremfall sogar potentiell lebensbedrohlich auswirken. Zu den Symptomen einer Hyponatriämie gehören Verwirrung, Schwäche und Ohnmacht, die sich bereits bei einer Natrium-Konzentration von 126–130 mmol/l (Norm 135–145 mmol/l) manifestieren können. Bei einer Konzentration unter 126 mmol/l ist das Auftreten von epileptischen Anfällen und Koma bis hin zum Eintreten des Todes möglich. Um dies zu vermeiden, sollte eine exzessive Flüssigkeitszufuhr vermieden werden [43]. Noakes [43] empfiehlt bei-

Korrespondenz:  
Dr. med. Karolina Büchel  
Assistenzärztin der Klinik  
für Innere Medizin  
Kantonsspital Baden  
Im Ergel 1  
CH-5404 Baden  
karolina.buechel[at]ksb.ch

## Das Wichtigste für die Praxis

- Aufgrund des sehr hohen Stresslevels für alle myokardialen Strukturen, insbesondere in der Gruppe der Breitensportler mittleren Alters >50 Jahre, sollten die Athleten vor Beginn des Trainings für einen Marathon über das potentiell erhöhte Risiko kardiovaskulärer Komplikationen aufgeklärt werden.
- Generell ist die Durchführung eines angemessenen Screenings, das ein EKG, eine fundierte Anamnese sowie eine körperliche Untersuchung beinhaltet, vor Beginn eines Marathontrainings unabhängig des Alters sinnvoll. Darüber hinaus wird bei Läufern >65 Jahre die Durchführung eines Belastungs-EKG empfohlen.
- Um Stressfrakturen zu vermeiden, sollte eine wöchentliche Laufdistanz von etwa 60–70 km nicht überschritten werden.
- Das Training selbst ist auf den einzelnen Sportler abzustimmen. Je nach Motivation, zeitlichem Ziel und körperlicher Fitness sollte eine mehrmonatige Vorbereitung mit 2–4 abwechslungsreichen Laufeinheiten pro Woche erfolgen, wobei während der letzten 28–4 Tage vor dem Wettkampf eine Reduktion des Trainings empfohlen wird.
- Um eine frühzeitige Ermüdung sowie gastrointestinale Beschwerden und Elektrolytverschiebungen während des Trainings bzw. Wettkampfes zu vermeiden, wird empfohlen, vor dem Marathon eine ausreichende Kohlenhydratmenge von 5–12 g/kgKG täglich und nicht mehr als 800 ml/h Flüssigkeit während des Trainings und des Wettkampfs zu sich zu nehmen.

spielsweise eine individuell angepasste Trinkmenge von nicht mehr als 400–800 ml/h, nach dem Motto «nicht so viel wie möglich, sondern so viel wie nötig».

### Gastrointestinale Beschwerden

Gastrointestinale Beschwerden treten oft und sehr individuell auf. Als sehr häufige Symptome wurden Übelkeit, abdominelle Krämpfe, Erbrechen und Diarrhoe dokumentiert. Bedingt werden sie vor allem durch die Zufuhr von hoch konzentrierten Kohlenhydratlösungen und hyperosmotischen Drinks sowie durch die Aufnahme von schwer verdaulichen Lebensmitteln mit einem hohen Anteil an Fasern, Fett und Proteinen direkt vor einem Lauf. Insbesondere scheinen jedoch Getränke mit einer sehr hohen Osmolalität eine beträchtliche Rolle zu spielen [44].

### Verdankung

Wir danken dem Institut für Radiologie des Kantonsspitals Baden unter der Leitung von Frau Prof. R. Kubik für die Durchführung und Bereitstellung der konventionell radiologischen Bildgebung.

### Disclosure statement

Die Autoren haben keine finanziellen oder persönlichen Verbindungen im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

### Titelbild

© Fedecandoniphot | Dreamstime.com

### Literatur

Die vollständige nummerierte Literaturliste finden Sie als Anhang des Online-Artikels unter [www.medicalforum.ch](http://www.medicalforum.ch).

## Literatur / Références

- Taylor B, Thompson P. Cardiology patient page. How to train for a marathon. *Circulation*. 2014; 130: e98-e99.
- Redelmeier D, Greenwald A. Competing risks of mortality with marathons: retrospective Analysis. *British Medical Journal*. 2007; 335(7633): 1275-1277.
- Kim J, Malhotra R, Chiampas G, Hemecourt P, Troyanos C, Cianca J, et al. Associated cardiac arrest event registry (Racer) study group. Cardiac arrest during long-distance running races. *New England Journal of Medicine*. 2012; 366: 130-140.
- Neilan TG, Yoerger DM, Douglas PS, Marshall JE, Halpern EF, Lawlor D, et al. Persistent and reversible cardiac dysfunction among amateur marathon runners. *European Heart Journal*. 2006; 27: 1079-1084.
- Scharhag J, George K, Shave R, Urhausen A, Kinermann W. Exercise-associated increases in cardiac biomarkers. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 2008; 40: 1408-1415.
- Whyte G, Stephens N, Senior R, George K, Shave R, Wilson M, Sharma S. Treat the patient not the blood test: The implications of an increase in cardiac troponin after prolonged endurance exercise. *British Journal of Sports Medicine*. 2009; 41: 613-615.
- Hewing B, Schattke S, Spethmann S, Sanad W, Schroeckh S, Schimke I, et al. Cardiac and renal function in a large Cohort of amateur marathon runners. *Cardiovascular Ultrasound* 2015; 13(1): 13.
- Eijsvogels TM, Hoogerwerf MD, Maessen MF, Seeger JP, George KP, Hopman MT, Thijssen DH. Predictors of cardiac troponin release after a marathon. *Journal of Science and Medicine in Sports*. 2015; 18(1): 88-92.
- Trivax J, Franklin B, Goldstein J, Chinnaiyan K, Gallagher M, deJong A, et al. Acute cardiac effects of marathon running. *Journal of Applied Physiology*. 2010; 108: 1148-53.
- Knebel F, Schimke I, Schroeckh S, Peters H, Eddicks S, Schattke S, et al. Myocardial function in older male amateur marathon runners: assessment by tissue Doppler echocardiography, speckle tracking, and cardiac biomarkers. *Journal of American Society of Echocardiography*. 2009; 22(7): 803-9.
- Predel HG. Marathon run: Cardiovascular adaptation and cardiovascular risk. *European Heart Journal*. 2014; 35, 2091-3096.
- Möhlenkamp S, Lehmann N, Breuckmann F, Bröcker-Preuss M, Nassenstein K, Halle M, et al. Running: the risk of coronary events. *European Heart Journal*. 2008; 29, 1903-1910.
- Pelliccia A, Maron MS, Maron BJ. Assessment of left ventricular hypertrophy in a trained athlete: differential diagnosis of physiologic athlete's heart from pathologic hypertrophy. 2012; 54(5): 387-96.
- Hanssen H, Keithahn A, Hertel G, Drexel V, Stern H, Schuster T, et al. Magnetic resonance imaging of myocardial injury and ventricular torsion after marathon running. *Clinical Science* 2011; 120, 143-152.
- O'Hanlon R, Wilson M, Wage R, Smith G, Alpendurada F, Wong. Troponin release following endurance exercise: is inflammation the cause? A cardiovascular magnetic resonance study. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2010; 12: 38.
- Wilson M, O'Hanlon R, Prasad S, Oxborough D, Godfrey R, Alpendurada F, et al. Biological markers of cardiac damage are not related to measures of cardiac systolic and diastolic function using cardiovascular magnetic resonance and echocardiography after an acute bout of prolonged endurance exercise. *British Journal of Sports Medicine*. 2011; 45(10): 780-4.
- Leers MP, Schepers R, Baumgarten R. Effects of a long-distance run on cardiac markers in healthy athletes. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)* 2006; 44(8): 999-1003.
- Frassl W, Kowoll R, Katz N, Speth M, Stangl A, Brechtel L, et al. Cardiac markers (BNP, NT-pro-BNP, Troponin I, Troponin T) in female amateur runners before and up until three days after a marathon. *Clinical Laboratory*. 2008; 54(3-4): 81-7.
- Traiperm N, Gatterer H, Wille M, Burtscher M. Cardiac troponins in young marathon runners. *American Journal of Cardiology*. 2012; 110(4): 594-8.
- Vidotto C, Tschan H, Atamaniuk J, Pokan R, Bachl N, Müller MM. 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* 2005; 26(8): 645-50.
- Hottenrott K, Ludyga S, Schulze S, Gronwald T, Jäger FS. Does a run/walk strategy decrease cardiac stress during a marathon in non-elite runners? *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2014; 1440-2440(14).
- Domenico Corrado et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for preventing of sudden death: proposal for common European Protocol. *European Heart Journal*. 2005; 26, 516-524.
- Corrado D, Schmied C, Basso C, Borjesson M, Schiavon M, Pelliccia A, Vanhees L, Thiene G. Risk of sports: do we need a pre-participation screening for competitive and leisure athletes? *European Heart Journal*. 2011 Apr; 32(8): 934-44.
- Barry J Maron, MD, Chair et al. Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes. *Circulation* 2011; 103: 327-334.
- Wen CP et al. Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended Life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet* 2011; 378: 1244-1253.
- Kluitenberg B et al. The NLstart2run study : Incidence and risk factors of running-related injuries in novice runners, Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 2014.
- Frohauer A, Neff A, Knechtle B. Does running increase the risk of osteoarthritis? *Praxis*. 2006; 95(35): 1305-16.
- Koller A et al. Decrease in eccentric hamstring strength in runners in the Tirol Speed Marathon. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40: 850-852.
- Paterno M, et al. Prevention of overuse sports injuries in the young athlete. *Orthopedic Clinics of North America*. 2013; 44(4): 553-564.
- Shaffer S, Uhl T. Preventing and treating lower extremity stress reactions and fractures in adults, *Journal of Athletic Training* 2006;41(4): 466-469.
- Macera CA, Pate RR, Powell KE, Jackson KL, Kendrick JS, Craven TE. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Jama Internal Medicine*. 1989; 149(11): 2565-8.
- Stephen W, McIntosh J, MSc; Sutton J. The ontario cohort study of running-related injuries. *Jama Internal Medicine*. 1989; 149(11): 2561-2564.
- Rasmussen, Ch. Weekly running volume and risk of running-related injuries among marathon runners. *The international Journal of Sports Physical Therapy*. 2013; 8(2) Page 111.
- Barandun U et al. Running speed during training and percent body fat predict race time in recreational male marathoners. *Open access Journal of Sport Medicine*. 2012; 3: 51-58.
- Mujika I, Padilla S. Scientific Bases for Precompetition Tapering Strategies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2003; 0195-9131/03/3507-1182
- <http://www.swiss-running.ch/de/laufvorbereitung.html>
- Burke LM, Millet G, tarnopolsky MA, International Association of Athletica Federations. Nutrition for distance events. *Journal of Sports Sciences*. 2007; 25 Suppl. 1: S29-38
- Jeukendrup A. Nutrition for endurance sports: Marathon,

- triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*. 2011; 29(S1): S91-S99.
39. Romijn J, Coyle E, Sidossis L, Castaldelli A, Horowitz J, Endert E et al (1993) Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity. *American journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*. 1993; 265, E380-E391.
40. Coyle E, Jeukendrup A, Oseto M, Hodgkinson B, Zderic T. Low-fat diet alters intramuscular substrates and reduces lipolysis and fat oxidation during exercise. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*. 2001; 280, E391-E398.
41. Hargreaves M, Hawley J, Jeukendrup A. Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: Effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Sciences*. 2004; 22: 31-38.
42. Sawka M, Burke L, Eichner E, Maughan R, Montain S, Stachenfeld N. American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2007; 39: 377-390.
43. Noakes T; IMMUDA. Fluid replacement during marathon running. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2003; 13(5): 309-18.
44. Rehrer N, Brouns F, Beckers E, Frey W, Villiger B, Riddoch C, et al. Physiological changes and gastrointestinal symptoms as a result of ultra-endurance running. *European Journal of Applied Physiology*. 1992; 64: 1-8.