Prévention des blessures, entraînement physique, alimentation

Marathon – le chemin est le but

Karolina Büchel[a], Thomas Specht[b], Heiko Krause[a], Christian M. Schmied[c], Jürg H. Beer[a,d]

[a] Departement Innere Medizin, Kantonsspital Baden
[b] Departement Orthopädie, Kantonsspital Baden
[c] Universitäres Herzzentrum, Zurich
[d] Zentrum für molekulare Kardiologie, Universität Zürich, Schlieren

Cet article de revue a pour objectif de fournir un aperçu compact de la préparation à un marathon et de présenter les principaux processus physiopathologiques. D'après les recommandations européennes relatives au dépistage, l'anamnèse détaillée et l'examen physique devraient être complétés par un ECG chez les marathoniens jusqu'à l'âge de 35 ans et par un ECG d'effort chez les sportifs âgés de plus de 65 ans.

Introduction

L'histoire du marathon débute déjà en l'an 490 avant Jésus-Christ, lorsque le messager grec Phidippidès courut de Sparte à Athènes en 2 jours pour annoncer la victoire contre les Perses.

Depuis les Jeux olympiques de 1908 à Londres, la distance à parcourir dans le cadre du marathon s'élève à précisément 42,195 km. Le record du monde s'élève à 2 h 2 min 57 sec. chez les hommes et à 2 h 15 min 25 sec. chez les femmes. Toutefois, la durée moyenne tous marathoniens confondus est de 4 h 41 min 33 sec., ce qui reflète la disparité entre les sportifs de haut niveau et les sportifs amateurs.

Cet article de revue a pour objectif de fournir un aperçu de la préparation à un marathon et de présenter les principaux processus physiopathologiques, risques et conséquences à long terme, en se concentrant tout particulièrement sur les sportifs amateurs. Les thèmes abordés dans l'article sont:

- la prévention des blessures et des conséquences à long terme;
- l'entraînement physique;
- l'alimentation.

Au total, 80 articles ont été identifiés via *Pubmed*. Les termes de recherche étaient entre autres *«marathon»*, *«cardiovascular risk and marathon»*, *«sports injuries»* et *«nutrition for sports»*. Ont été inclus dans l'analyse un total de 43 travaux scientifiques, qui étaient des études de cohortes, des revues et des analyses rétrospectives. Ont entre autres été exclus de l'analyse les travaux qui portaient sur des sportifs âgés de moins de 18 ans.

Karolina Büchel

Prévention des blessures et des conséquences à long terme

Risque cardiaque

D'après les statistiques, 0,8–1 sur 100 000 «finishers» décèdent de mort cardiaque subite durant ou peu après le marathon [1, 2].

Plusieurs études ont mis en évidence une élévation significative des biomarqueurs cardiaques (troponine et peptide natriurétique de type B [BNP]) durant et

directement après un marathon [4–9]. En outre, des limitations de la fonction systolique et diastolique du ventricule gauche ont été décrites dans la littérature scientifique, notamment dans l'étude publiée en 2006 par Neilan et al. [4], qui ont soumis à un contrôle échocardiographique étroit 22 athlètes d'une moyenne d'âge de 34 ans. Trivax et al. [9] ont analysé les résultats d'examen de 425 marathoniens et ont ainsi mis en évidence en particulier une dilatation de l'oreillette droite et du ventricule droit révélée à l'imagerie par résonnance magnétique (IRM), ainsi qu'une réduction de la fraction d'éjection du ventricule droit. De même, Knebel et al. [10] ont montré une réduction passagère de la fonction ventriculaire droite à l'échocardiographie.

Durant un marathon, les sportifs amateurs d'âge moyen (>50 ans) ont un débit cardiaque permanent de 20–25 l/min durant plusieurs heures (valeur normale: 4,5–5 l/min) [11]. Cette activité cardiaque accrue, qui soumet toutes les structures myocardiques, y compris les artères coronaires, à un stress élevé, peut être à l'origine d'une maladaptation fonctionnelle et structurelle, d'un endommagement du myocarde et d'une fibrose, en particulier chez les sportifs de cette catégorie d'âge (>50 ans) [11–13]. Plusieurs études sont néanmoins parvenues à démontrer une normalisation des biomarqueurs et de la fonction cardiaque dans un court laps de temps. Ainsi, Neilan et al. [4] ont décrit une normalisation des altérations systoliques directement après la course, s'accompagnant également d'une régression complète des altérations diastoliques, mais uniquement en l'espace d'un mois. A l'imagerie morphologique (IRM cardiaque), aucun indice évocateur d'une corrélation entre l'élévation des biomarqueurs cardiaques et les altérations structurelles n'a été trouvé [14–16]. En l'absence de signes d'altérations nécrotiques, Hannssen et al. [14] ont qualifié le stress cardiaque provoqué par un marathon d'«hyperstimulation myocardique» plutôt que de véritable détérioration du myocarde. En outre, compte tenu de la régression le plus souvent complète des biomarqueurs cardiaques en l'espace d'à peine 24–48 h [11, 17–19] (contre 5–15 jours en cas d'infarctus aigu du myocarde), ces résultats s'opposent à une détérioration permanente des cardiomyocytes et suggèrent, au contraire, un processus réversible [17, 20, 21]. Par ailleurs, une analyse récemment publiée portant sur 10,9 millions de marathoniens n'a pas montré d'augmentation significative du risque de mort cardiaque subite [3]. La *«European Society of Cardiology»* (ESC) a publié des recommandations de dépistage pour les jeunes coureurs d'endurance âgés entre 12 et 35 ans [22, 23]. Ces recommandations préconisent la réalisation d'un ECG à 12 dérivations en plus de l'anamnèse et de l'examen physique afin d'exclure notamment la cardiomyopathie hypertrophique en tant que cause la plus fréquente d'une mort cardiaque subite dans ce groupe d'âge, ainsi que pour détecter d'autres pathologies cardiovasculaires potentiellement fatales. Le dépistage devrait être réalisé pour la première fois au début de l'activité sportive, le plus souvent à l'âge de 12–14 ans, puis être répété tous les 2 ans (fig. 1).

Durant un marathon, les sportifs amateurs ont un débit cardiaque permanent de 20–25 l/min durant plusieurs heures.

Contrairement aux jeunes athlètes, la principale cause de mort cardiaque subite chez les sportifs plus âgés est la cardiopathie coronaire, de sorte que la ESC recommande, en plus d'un ECG de repos, d'une anamnèse détaillée et d'un examen physique, de déterminer le risque cardiovasculaire au moyen d'un score de risque. En premier lieu, le sportif devrait néanmoins autoévaluer sa forme physique et ses facteurs de risque cardiovasculaire en remplissant un questionnaire standardisé. Si nécessaire, le sportif devrait en plus consulter un médecin qualifié, qui mettrait en œuvre un schéma d'examens standardisé. D'après l'instrument *«Systematic Coronary Risk Evaluation»* (SCORE), l'évaluation du risque de décès d'une cause cardiaque en l'espace de 10 ans repose sur la détermination de l'âge et du sexe, de la pression artérielle, du taux de cholestérol et du statut tabagique. La réalisation d'un ECG d'effort est

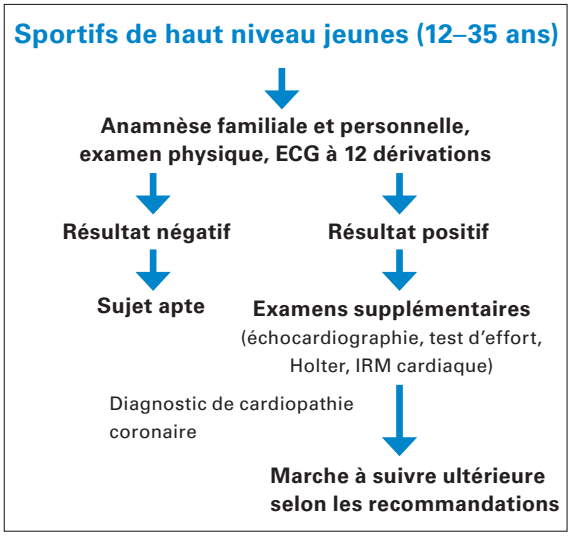

Figure 1: Diagramme illustrant le protocole de dépistage proposé pour les jeunes sportifs de haut niveau. Initialement, une anamnèse familiale et personnelle devrait être réalisée, suivie d'examens physiques (pression artérielle, ECG à 12 dérivations). Des examens complémentaires sont uniquement recommandés en cas de tests préalables positifs. D'après [22].

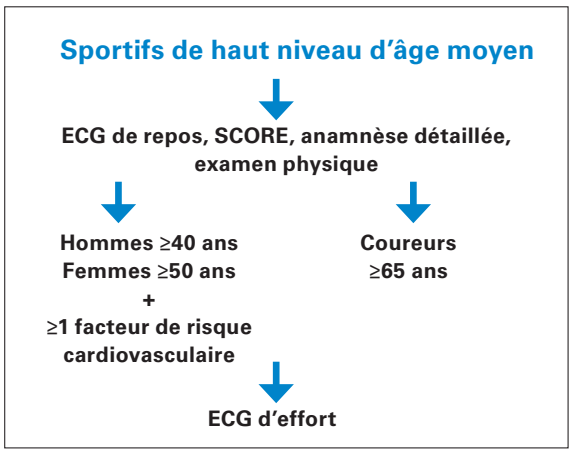

Figure 2: Diagramme illustrant le protocole de dépistage proposé pour les sportifs d'âge moyen.
SCORE = Systematic Coronary Risk Evaluation: âge, sexe, pression artérielle, taux de cholestérol, statut tabagique.
D'après [22, 23].

Figure 3: Exemple de conséquence du surentraînement: fracture de fatigue au niveau du 5e métatarsien gauche, voir flèche. Avec l'aimable autorisation du Prof. R. Kubik de l'institut de radiologie de l'Hôpital cantonal de Baden.

généralement recommandée pour les sportifs fournissant des efforts modérés et intenses. Chez les marathoniens ayant au moins un facteur de risque cardiovasculaire, cet examen devrait en outre être réalisé à partir de l'âge de 40 ans chez les hommes et à de 50 ans chez les femmes [23, 24]. Chez les coureurs de plus de 65 ans, l'intégration d'un ECG d'effort dans le dépistage devrait être obligatoire, même en l'absence de facteurs de risque manifestes (fig. 2).

De nombreux avantages pour la santé

Hormis les risques mentionnés, un entraînement d'endurance régulier présente de nombreux avantages pour la santé, comme par ex. la prévention du diabète, des cancers et des évènements cardiovasculaires par amélioration de la fonction endothéliale, élévation du seuil de déclenchement d'arythmies ventriculaires et abaissement de la pression artérielle [11, 25].
L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) recommande la pratique d'une activité physique à hauteur de 150 minutes ou plus par semaine et Wen et al. ont montré en 2011 que même un entraînement modéré d'env. 15 minutes/jour pouvait déjà apporter un bénéfice considérable pour la santé [25].

Blessures musculo-squelettiques

L'incidence des blessures musculo-squelettiques est relativement élevée chez les coureurs, pouvant atteindre jusqu'à 85% [26]. Sont particulièrement vulnérables les coureurs âgés, avec un indice de masse corporelle (IMC) élevé et des troubles musculo-squelettiques non liés à la pratique sportive, ainsi que les sportifs amateurs contrairement aux coureurs professionnels [27].
Les articulations des membres inférieurs sont soumises à une force représentant 1,3 fois le poids corporel lors de la marche et jusqu'à 5 fois le poids corporel lors de la course [28].
Le syndrome de surentraînement représente le problème de blessure le plus fréquent chez les coureurs de fond. Il est défini comme une blessure chronique liée à un stress physiologique permanent sans phase de récupération suffisante [29]. Il n'existe pas de recommandations basées sur l'évidence pour la prévention des fractures de fatigue (fig. 3). De même, les bénéfices de l'étirement ou des supplémentations en calcium sont sujets à controverse [30]. Les erreurs d'entraînement en sont la cause, notamment des distances trop longues parcourues lors de l'entraînement, des intervalles de sprint trop intenses ou le port de chaussures inadaptées. Dans deux études indépendantes portant sur un total de plus de 2000 coureurs, avec une période d'observation de 12 mois, Macera [31] et Stephen [32] ont en outre montré que courir sur une distance de plus de 64 km

par semaine constituait le principal facteur de risque de blessure des membres inférieurs. Présentaient également un risque accru les sportifs qui avaient déjà été victimes de blessures au cours de l'année précédente et ceux qui pratiquaient la course depuis moins de 3 ans [32]. Il n'y avait pas de preuve d'un risque accru de blessure en cas de distance d'entraînement inférieure à 60 km par semaine. Rasmussen [33], quant à lui, recommande de parcourir au moins 30 km par semaine avant un marathon pour prévenir les troubles liés à la course. Les coureurs ayant des antécédents de blessures doivent être particulièrement vigilants et s'accorder une période de récupération suffisante en cas d'éventuelles blessures [29].

Entraînement physique

La participation à un marathon présuppose un entraînement régulier préalable, dans lequel la fréquence, l'intensité et le volume d'entraînement jouent un rôle essentiel [34].

La participation à un marathon présuppose un entraînement régulier préalable.

La performance d'un coureur de marathon est influencée par une multitude de paramètres. Barandun et al. [34] ont montré qu'en particulier une vitesse de course élevée durant l'entraînement et un faible taux de graisse corporelle avaient un impact positif significatif sur la performance de course. En outre, des facteurs tels que le nombre de kilomètres parcourus par semaine et le nombre d'unités d'entraînement hebdomadaires jouent également un rôle [34].
Afin d'améliorer la performance de course, il est recommandé de réduire l'entraînement 4–28 jours avant la compétition afin de prévenir un épuisement lié à l'entraînement. Ce faisant, l'intensité d'entraînement devrait être maintenue, mais le volume d'entraînement devrait être réduit à 60–90% [35].

Recommandations supplémentaires de Swiss Athletics [36]

- Au cours des semaines 4 et 3 avant le marathon, il convient de faire au moins 50 km de course au total par semaine. Ainsi, il est recommandé d'effectuer une course longue par semaine (par ex. 25–30 km, à une allure plus lente que celle prévue pour le marathon), un entraînement de course rapide (par ex. 6 × 5 minutes d'entraînement fractionné intensif, à une allure plus rapide que celle du marathon) et un entraînement de jusqu'à 30 km à une allure équivalente à celle du marathon.
- Au cours des 3 dernières semaines avant le marathon, il convient de ne plus participer à aucune autre compétition.
- Au cours de la semaine 2 avant le marathon, le nombre de kilomètres devrait être réduit de moitié et la distance de course ne devrait plus excéder 20 km, car cette période sert à la récupération.
- Au cours de la dernière semaine avant le marathon, seules des unités d'entraînement courtes et d'intensité légère (par ex. 10 km de course d'endurance lente) devraient encore être réalisées.

Alimentation

Il est essentiel d'adopter une alimentation optimale durant l'entraînement, ainsi que durant et après un marathon afin de produire la meilleure performance possible et de garantir une régénération optimale. Ainsi, la consommation de la bonne quantité de glucides et une hydratation adéquate peuvent réduire une fatigue prématurée et augmenter la performance [37]. La déshydratation et la carence en glucides font partie des facteurs qui sont le plus souvent responsables de l'épuisement physique (asthénie) durant et après la compétition [38].

Glucides

Le glycogène stocké et le glucose sanguin sont des substrats indispensables à la contraction musculaire [39]. Afin de prévenir l'asthénie, il est essentiel de veiller à un taux élevé de glycogène musculaire et hépatique avant un entraînement et en particulier avant un marathon. La quantité optimale de glucides à consommer dépend de la durée et de l'intensité de l'entraînement et elle doit être déterminée individuellement. Ainsi, il est recommandé de consommer env. 5–12 g/kg de poids corporel/jour de glucides durant l'entraînement et avant le marathon *(«carbo-loading»)* [40]. Une consommation plus élevée se traduit certes par des taux plus élevés de glycogène, mais tout porte à croire que cela n'entraîne pas d'augmentation supplémentaire des performances, comme l'ont montré Coyle [40] et al. en 2001 dans une étude. Par ailleurs, la consommation de glucides env. 3–4 heures avant la compétition et la consommation de petites quantités de glucides durant la course ont un effet positif [41].

Equilibre hydrique

La déshydratation constitue un facteur limitant supplémentaire, qui est principalement lié à la chaleur dégagée par les muscles et à la transpiration qui en résulte. Dans les recommandations du *«American College of Sports Medicine»,* il est préconisé d'éviter une perte

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

de poids liée à la transpiration supérieure à 2–3% en veillant à avoir des apports liquidiens suffisants [42].
En outre, des problèmes gastro-intestinaux, une hyperthermie et une hyponatrémie peuvent affecter les performances et même, dans les cas extrêmes, se révéler potentiellement fatals. Les symptômes de l'hyponatrémie incluent confusion, faiblesse et évanouissements et ils peuvent se manifester en cas de concentration de sodium à 126–130 mmol/l (valeurs normales: 135–145 mmol/l). Une concentration inférieure à 126 mmol/l expose à la survenue de crises épileptiques et d'un coma pouvant aller jusqu'au décès. Afin d'éviter cela, il convient de ne pas consommer une quantité excessive de liquide [43]. Noakes [43] recommande par ex. une quantité de boisson adaptée individuellement n'excédant pas 400–800 ml/h, en appliquant la devise «pas autant que possible mais autant que nécessaire».

L'essentiel pour la pratique

- En raison du niveau de stress très élevé infligé à toutes les structures myocardiques, en particulier chez les sportifs amateurs d'âge moyen (>50 ans), les athlètes devraient se soumettre, avant le début de l'entraînement en vue d'un marathon, à un dépistage afin de déceler un risque potentiellement accru de complications cardiovasculaires.
- D'une manière générale, la réalisation d'un dépistage adapté, comprenant un ECG, une anamnèse approfondie et un examen physique, est pertinente avant le début de l'entraînement en vue d'un marathon et ce, quel que soit l'âge. Par ailleurs, il est recommandé de réaliser un ECG d'effort chez les coureurs âgés de >65 ans.
- Afin d'éviter les fractures de fatigue, il convient de ne pas parcourir plus de 60–70 km par semaine.
- Les modalités d'entraînement doivent être déterminées en fonction de chaque sportif. Dépendant de la motivation, de l'objectif chronométrique et de la forme physique, le sportif devrait s'entraîner durant plusieurs mois à hauteur de 2–4 unités de course variées par semaine, avec une réduction de l'entraînement au cours des 28–4 jours précédant la compétition.
- Afin de prévenir une fatigue prématurée ainsi que des troubles gastro-intestinaux et des déséquilibres électrolytiques durant l'entraînement et la compétition, il est recommandé de consommer une quantité suffisante de glucides, de l'ordre de 5–12 g/kg de poids corporel par jour, et de ne pas ingérer plus de 800 ml/h de liquide durant l'entraînement et la compétition.

Troubles gastro-intestinaux

Les troubles gastro-intestinaux sont fréquents et très individuels. Parmi les symptômes très fréquents qui ont été documentés figurent les nausées, les crampes abdominales, les vomissements et la diarrhée. Ils sont avant tout provoqués par l'ingestion de solutions glucidiques très concentrées et de boissons hyperosmolaires, ainsi que par la consommation juste avant la course d'aliments difficiles à digérer avec une teneur élevée en fibres, lipides et protéines. Les boissons ayant une osmolarité élevée semblent néanmoins jouer un rôle considérable [44].

Remerciements
Nous remercions l'institut de radiologie de l'Hôpital cantonal de Baden, dirigé par le Prof. R. Kubik, pour la réalisation et la mise à disposition des clichés de radiologie conventionnelle.

Disclosure statement
Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts financier ou personnel en rapport avec cet article.

Photo de couverture
© Fedecandoniphoto | Dreamstime.com

Références
La liste complète et numérotée des références est disponible en annexe de l'article en ligne sur www.medicalforum.ch.

Literatur / Références

1. Taylor B, Thompson P. Cardiology patient page. How to train for a marathon. Circulation. 2014; 130: e98-e99.
2. Redelmeier D, Greenwald A. Competing risks of mortality with marathons: retrospective Analysis. Brithish medical Journal. 2007; 335(7633): 1275-1277.
3. 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.
4. 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
5. 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
6. 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.
7. 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. Cardiovasc Ultrasound 2015; 13(1): 13.
8. 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.
9. 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.
10. 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 Echokardiography. 2009; 22(7): 803-9.
11. Predel HG. Marathon run: Cardiovascular adaptation and cardiovascular risk. European Heart Journal. 2014; 35, 2091-3096.
12. 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.
13. 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.
14. 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
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Traiperm N, Gatterer H, Wille M, Burtscher M. Cardiac troponins in young marathon runners. American Journal of Cardiology. 2012; 110(4): 594-8.
20. 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.
21. 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).
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Frohnauer A, Neff A, Knechtle B. Does running increase the risk of osteoarthritis? Praxis. 2006; 95(35): 1305-16.
28. Koller A et all. Decrease in eccentric hamstring strenght in runners in the Tirol Speed Marathon. British Journal of Sports Medicine. 2006; 40: 850-852.
29. Paterno M, et al. Prevention of overuse sports injuries in the young athlete. Orthopedic Clinics of North America. 2013; 44(4): 553-564.
30. Shaffer S, Uhl T. Preventing and treating lower extremity stress reactions and fractures in adults, Journal of Athletic Training 2006;41(4): 466-469.
31. 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.
32. Stephen W, McIntosh J, MSc; Sutton J. The ontario cohort study of running-related injuries. Jama Internal Medicine. 1989; 149(11): 2561-2564.
33. 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.
34. 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.
35. Mujika I, Padilla S. Scientific Bases for Precompetition Tapering Strategies. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2003; 0195-9131/03/3507-1182
36. http://www.swiss-running.ch/de/laufvorbereitung.html
37. Burke LM, Millet G, tarnopolsky MA, Internationla Association of Athletica Federations. Nutrion for distamce events. Journal of Sports Sciences. 2007; 25 Suppl. 1: S29-38
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 performane. 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; IMMDA. 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.