

人体成分分析的应用研究

杨晓华¹, 王德强¹, 裴梦鸽¹, 孙薇陶¹, 李古强^{2*}

¹滨州医学院附属医院, 山东 滨州

²滨州医学院康复医学院, 山东 烟台

Email: *liguqiang@126.com

收稿日期: 2021年3月12日; 录用日期: 2021年4月9日; 发布日期: 2021年4月16日

摘要

体成分是指机体组成的各种组分, 正常情况下, 体成分各指标的含量及比例保持衡稳, 保障人体健康。但随着仓促进食、久坐不动、高热量饮食等各种不健康生活方式的普遍, 人们的体成分已在不知不觉中发生巨大变化, 各组分含量及比例出现失衡时, 人体即可表现出不同程度的症状或体征, 甚至导致严重疾病。人体成分分析越来越成为人们关注的热点, 并逐渐应用于各研究领域, 本文通过查阅近几年文献, 对人体成分分析应用进行综述。

关键词

体成分分析, 应用, 综述

Applied Research of Human Composition Analysis

Xiaohua Yang¹, Deqiang Wang¹, Mengge Pei¹, Weitao Sun¹, Guqiang Li^{2*}

¹Binzhou Medical University Hospital, Binzhou Shandong

²Binzhou Medical College Rehabilitation Medical School, Yantai Shandong

Email: *liguqiang@126.com

Received: Mar. 12th, 2021; accepted: Apr. 9th, 2021; published: Apr. 16th, 2021

Abstract

Body composition refers to the various components of the body composition. Under normal circumstances, the content and ratio of each indicator of body composition remain balanced and stable to ensure human health. However, with the prevalence of unhealthy lifestyles such as rushed eating,

*通讯作者。

sedentary lifestyle, and high-calorie diet, people's body composition has unknowingly undergone great changes, and when the content and ratio of each component are out of balance, the human body can show different degrees of symptoms or signs, and even lead to serious diseases. This paper reviews the application of body composition analysis by reviewing the literature in recent years.

Keywords

Body Composition Analysis, Application, Review

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

体成分是指机体组成的各种组分, 包含脂肪、蛋白质、无机盐和骨骼肌等, 人们通常将人体成分分为两类: 脂肪成分和去脂成分。脂肪与去脂成分的含量之和即为人体体重, 正常情况下, 人体内脂肪和去脂成分的含量及比例保持平衡, 以保障人体各器官功能的正常运行, 维持人体健康状态。但当各组分含量及比例出现失衡时, 人体即可表现出不同程度的症状或体征, 甚至导致严重疾病。随着医疗和健康服务的不断发展, 大量研究发现, 脂肪成分和去脂成分含量及分布情况不仅可以反映人体生长、发育过程及营养状况, 还可反映衰老、疾病过程及体质健康情况。人体成分随着年龄及体质状况而发生变化, 临床医生可依据体成分变化情况做出疾病诊断、制定治疗方案并观察疾病治疗效果、判断预后。健美工作者、运动员等对肌肉质量要求较高者, 可根据体成分分析结果进行饮食、训练方案的调整。对青少年体成分的监测可明确其生长、发育情况。随着人们对体成分认知的深入, 人体成分分析在医疗、体美等领域的应用越来越广泛。本文通过查阅近几年文献, 对人体成分分析应用进行综述。

2. 人体成分分析在疾病机制及预后中的应用

2.1. 人体成分与骨关节炎

骨关节炎是一种以进行性关节破坏(关节软骨损伤、退化)和继发性骨质增生为特征的影响整个关节的多因素增龄性退行性关节疾病, 它也是全球老年人残疾的主要发生原因之一, 其主要的临床症状有三种: 关节疼痛、畸形及功能障碍[1]。研究发现, 肥胖是影响骨关节炎发生、发展的因素之一, 并且它是众多因素中可改变的危险因素[1] [2]。身体质量指数(Body Mass Index, BMI)通常被用来衡量肥胖, BMI的增加与骨关节炎患病率增加有关[3]。与正常体重者($18.5 \text{ kg/m}^2 < \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$)相比, 肥胖者($\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$)患膝骨性关节炎的风险可增加 2.5~4.5 倍。此外, 超重者患膝骨性关节炎的可能性是正常体重者的 1.5~2.5 倍[4] [5]。肥胖症与髌部关节炎和手部关节炎之间的联系虽不明显, 但几项研究表明, 肥胖人群患手部和髌部关节炎的风险也有所增加[6] [7]。膝关节是人体最大的负重关节, 体重增加时, 增加关节负荷, 当负荷超出关节软骨承受生物能力范围时即可导致关节软骨发生退行性改变[8]。体重从正常到超重的转变比持续超重带来更高的进行全膝关节置换术的风险[9]。股四头肌是膝关节重要的减震、缓冲器官, 当其肌力减弱时可导致关节软骨承受更大的压力, 进而导致关节退变, 加重膝骨性关节炎进程。有研究表明, 下肢骨骼肌减少是膝骨性关节炎的独立危险因素[10]。脂肪组织是促炎细胞因子的主要来源, 超重或肥胖者促炎细胞因子水平显著升高, 加重软骨丢失[11]。研究表明[12], 无论关节炎位置如何(如膝盖、臀部和手部), 脂肪质量和脂肪质量百分比都与骨关节炎呈正相关。关节置换术对骨关节炎患者有深远的影响, 可为他们提供更

高的生活质量,改善功能,减轻疼痛感,同时防止其他合并症的发展。研究表明[13],BMI升高与围手术期结局之间存在相关性,特别是与手术部位感染、肾脏和呼吸系统并发症相关。因此,对骨关节炎患者进行体成分分析,进而指导减脂、控制体重和增加伸肌肌群肌力对骨关节炎的治疗具有重要意义。

2.2. 人体成分与骨质疏松

骨质疏松和骨关节炎一样,都是老年人中的常见疾病,尤其在女性群体中,是一种以骨骼微结构破坏,进而导致骨密度降低,增加脆性为特征的全身代谢性骨病[14],可导致老年人发生摔倒、骨折的风险增高,生活质量降低,死亡率增加[15]。随着人口老龄化不断加重,骨质疏松患病率不断增加,人们逐渐开始关注人体成分与骨密度间的关系[16]。双能X射线吸收法是对人体骨密度进行测量的有效方法。研究表明[17],人体各组分均可不同程度地影响骨密度,进而影响骨质疏松发生。Lins等[15]研究发现,维持体脂储备与维持老年人的骨密度有关,对BMI正常和较高BMI水平者进行身体成分测量发现,更多的脂肪储备,如腰围、体脂肪比例和足够的血清维生素D浓度,可以促进腰椎和股骨颈骨密度的充分维持,因此,脂肪是防止骨骼疾病出现的保护因素。人体脂肪主要分为两类:皮下脂肪和内脏脂肪,脂肪细胞的内分泌功能因解剖部位的不同而不同[18]。尹肖寒等[17]研究表明,内脏脂肪面积与骨密度呈负相关,且研究结果与蔡思清等[19]一致,其原因可能是内脏脂肪组织使骨骼承受的机械负荷增加,同时改变骨骼代谢最终使肥胖者的骨密度下降。缪克团等[20]研究发现,骨骼肌减少与骨质疏松密切相关,因肌肉与骨骼同源,相同的信号通路共同调控骨骼与肌肉同步生长和发育。肌肉附着于骨骼上,当肌肉进行收缩时可将机械负荷传导至骨骼,促进骨生成,反之,肌肉数量及肌力降低时,骨骼缺乏应力作用,破骨反应增强,加重骨质疏松[19]。故加强骨骼与肌肉系统的强度可改善骨质疏松。人体成分分析不仅可以诊断骨质疏松,还可以明确骨质疏松程度,指导针对性的训练,改善骨质疏松。

2.3. 人体成分与癌症

体成分是肿瘤患者治疗过程中营养状况的提示指标,对判断患者预后也有一定的意义,肿瘤患者对抗肿瘤治疗的敏感性和耐受性受体成分改变的影响,体成分改变是肿瘤患者死亡率增加的主要原因之一[21]。肿瘤患者常伴有骨骼肌、蛋白质减少等营养不良,严重影响患者康复进程及生存率,研究表明,肿瘤患者死亡率中的20%~50%归因于营养不良[22]。郭仲等[23]研究发现,手术前进行康复指导能显著改善食管癌患者的营养状况,减少体成分的丢失。Sahyun等[24]回顾研究接受前列腺癌根治术患者的相关资料发现,不管患者BMI如何,低质量的肌肉可能与接受前列腺癌根治术患者的癌症复发和死亡风险增加有关。Versteeg等[25]研究60岁以上晚期癌症患者的肌肉质量、放射密度和强度与化疗毒性和总生存期的关系发现,足够的肌肉力量与更长的总生存期相关,肌肉力量可能有助于估计存活率,从而确定将受益于抗癌治疗的老年患者。Basile等[26]研究内脏脂肪组织在转移性结直肠癌患者中的预后作用,发现结直肠癌患者预后较差与内脏脂肪组织含量较高有关。Katrina等[27]研究发现,常规PET/CT测定的棕色脂肪组织容量是肿瘤复发/死亡的预测因子,与性别、年龄、BMI、肿瘤类型等其他影响棕色脂肪组织活性的因素无关。Iwase等[18]的研究发现,肥胖与乳腺癌治疗完成后的长期存活率呈显著负相关,肥胖背景下的内脏脂肪组织功能障碍是胰岛素抵抗和慢性炎症的基础,后者可能导致乳腺癌的发生和发展,营养支持和个性化锻炼计划是扭转不利身体成分的基本干预措施。

3. 人体成分分析在普通人群中的应用

3.1. 儿童和青少年的人体成分分析

儿童和青少年的生长、发育及体质健康情况是大家共同关心的问题。Won等[28]通过测量学龄期儿

童的身高、体重、脂肪质量、无脂肪质量、骨骼肌质量和体脂百分比以研究学龄期残疾儿童相较于发育正常的儿童在生长发育方面可能存在的问题。结果表明, 残疾学生的无脂肪质量(32.14 ± 5.82)明显低于发育正常的学生(28.71 ± 5.92), $P < 0.05$ 。与典型发育中的学生相比, 残疾学生的 BMI 和脂肪质量指数呈现出较低范围的趋势。两组学生的无脂肪质量指数在低于、处于或超过标准范围中所占的比例具有显著差异。在年龄、性别、残疾等因素中, 残疾对学龄儿童的无脂肪质量指数影响显著。残疾学生的 BMI、体脂百分比、脂肪质量指数在三个范围中的比例因年龄组不同而有显著差异($P = 0.006$ 、 $P = 0.0001$ 、 $P = 0.001$)。年龄较小孩子的 BMI、体脂百分比、脂肪质量指数大多低于标准范围。因此, 在康复干预策略中努力增加体育活动和改善营养至关重要。Josefson 等[29]一项研究新生儿身体组分和脐带 C 肽与儿童人体测量学的关系, 并探讨这些新生儿测量方法能否介导母亲妊娠中期葡萄糖和 BMI 与儿童肥胖关系的研究发现, 新生儿肥胖与儿童肥胖独立相关, 并且与胎儿高胰岛素血症一起部分介导母亲血糖和 BMI 与儿童肥胖的相关性。Jin 等[30]研究发现, 不论性别和青春期阶段, 腹部脂肪与总体脂量的比值升高与胰岛素敏感性降低之间有很强的相关性。腹部脂肪与总体脂量的比值是我国肥胖儿童和青少年心脏代谢的危险因素, 而且是糖代谢的独立预测因子。人体成分分析应用于儿童与青少年生长、发育监测, 可以早期对其进行营养干预, 降低营养相关疾病发生风险, 降低疾病发生率。

3.2. 妊娠期妇女的人体成分分析

妊娠期妇女体成分不断发生变化, 体重随孕周增加而增加, 分析妊娠期妇女身体成分的变化非常重要, 因为其身体成分的变化不仅影响孕妇本身, 还会对胎儿的生长发育及妊娠结局产生影响。吴燕等[31]一项有关妊娠期糖尿病患者孕期体成分变化的研究表明, 妊娠期糖尿病患者的体脂量、体脂率、肌肉重比、总体水分、细胞内液在妊娠 10~13 周期间均明显高于血糖正常的妊娠妇女; 妊娠至 24~28 周时, 体脂相关指标及细胞内液在两组妊娠妇女间仍存在显著差异。因此, 妊娠期糖尿病的发生、发展可能与妊娠期妇女体内过量的脂肪有关。李雍等[32]一项有关妊娠期妇女体成分变化的研究发现, 妊娠期间妇女的体成分均随妊娠时期进展而呈增加趋势, 其中体重增长幅度较大, 而体脂率增长幅度相对体重而言较为平稳, 尤其在妊娠晚期, 体脂率在妊娠各时期的增长情况与妊娠前期妇女 BMI 呈正相关。张灿等[33]研究分娩巨大儿与妊娠期妇女体成分间的关系发现, BMI、体脂量和体脂率在妊娠早期的增加是导致分娩巨大儿的独立危险因素, 去脂体重增加可降低此风险。Eshriqui 等[34]研究妊娠前妇女 BMI 与后代体成分关系发现, 妊娠前妇女 BMI 与其女性后代的体脂率、内脏脂肪组织相关, 故孕前控制 BMI 利于打破肥胖向后代传递的恶性循环。

3.3. 运动员的人体成分分析

对于运动员来说, 合理的体成分比例及较高水平的身体素质是其保持良好竞技状态的基础, 身体成分是决定人体进行某项运动的运动潜力和成功可能性的因素之一, 因此, 监测评估运动员的体成分变化对其维持或提升自身机体功能状态具有重要意义。Cárdenas 等[35]按竞技分区及踢球位置对足球运动员的体成分进行测量, 研究发现每个分区内, 守门员的平均体重、身高、坐高、皮褶总和、体脂量及体脂率都最高, 前锋的平均肌肉质量百分比则较高, 门将的平均体重、身高、坐高、皮褶总和、体脂量及体脂率均高于前锋; 根据比赛级别进行分析显示, 年龄较大组别(乙级和 20 岁以下)的平均体重、坐高、某些围度(如放松的手臂和腰围)、肌肉质量(以公斤和百分比为单位)和骨骼/肌肉指数均比年龄较年轻组别(四级和三级)高。Tsukahara 等[36]研究优秀女运动员从低级别运动项目向高级别转变时取得成绩与体成分之间的关系发现, 运动成绩的变化与运动员全身体脂量($r = -0.32$, $p < 0.05$)、体脂率($r = -0.32$, $p < 0.05$)以及下肢的体脂量($r = -0.34$, $p < 0.05$)、体脂率($r = -0.36$, $p < 0.05$)呈负相关, 而机体性能变化与下肢去脂体重

百分比($r = 0.34, p < 0.05$)呈正相关,故优秀女运动员向高级别运动项目转变时应降低体内脂肪含量及体脂率,增加去脂成分,进而维持或提高成绩。

4. 总结与展望

身体成分的评估有利于对人体营养状况和机能能力的洞察,有助于对个体从出生到成年生长、发育的营养描述,有助于理解健康和疾病的发育根源,有助于设计营养策略,并用于监测治疗干预效果[37]。人体成分测量是一种客观的营养评估方法,逐渐受到营养学家、健康专业人员和体育科学家的关注。随着肥胖和生活方式疾病的日益流行,人们越来越需要灵敏度和精确度更高的身体成分方法。BIA 是目前众多体成分分析方法中最为适用于人群检测的方法,因其具有操作简单、便捷,价格适中,准确度高且便携等优点。随着体成分分析的广泛应用,人们越来越重视健身、健康生活方式的养成,利于推进国民健康事业的发展。然而,体成分因性别、年龄、种族、机体状态等因素而存在不同,因此研究不同年龄段、性别、种族及机体状态下体成分的变化特点是我们进行健康指导、疾病预防的关键,不同研究对象的体成分变化特点仍需大量深入研究。

参考文献

- [1] Wang, T. and He, C. (2018) Pro-Inflammatory Cytokines: The Link between Obesity and Osteoarthritis. *Cytokine & Growth Factor Reviews*, **44**, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2018.10.002>
- [2] Kulkarni, K., Karssiens, T., Kumar, V., et al. (2016) Obesity and Osteoarthritis. *Maturitas*, **89**, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2016.04.006>
- [3] Johnston, S.S., Ammann, E., Scamuffa, R., et al. (2020) Association of Body Mass Index and Osteoarthritis with Healthcare Expenditures and Utilization. *Obesity Science & Practice*, **6**, 139-151. <https://doi.org/10.1002/osp4.398>
- [4] Zheng, H. and Chen, C. (2015) Body Mass Index and Risk of Knee Osteoarthritis: Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Studies. *BMJ Open*, **5**, e7568. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007568>
- [5] Silverwood, V., Blagojevic-Bucknall, M., Jinks, C., et al. (2015) Current Evidence on Risk Factors for Knee Osteoarthritis in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*, **23**, 507-515. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.11.019>
- [6] Yusuf, E., Nelissen, R.G., Ioan-Facsinay, A., et al. (2010) Association between Weight or Body Mass Index and Hand Osteoarthritis: A Systematic Review. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **69**, 761-765. <https://doi.org/10.1136/ard.2008.106930>
- [7] Holliday, K.L., McWilliams, D.F., Maciewicz, R.A., et al. (2011) Lifetime Body Mass Index, Other Anthropometric Measures of Obesity and Risk of Knee or Hip Osteoarthritis in the Goal Case-Control Study. *Osteoarthritis and Cartilage*, **19**, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.10.014>
- [8] Teichtahl, A.J., Wluka, A.E., Tanamas, S.K., et al. (2015) Weight Change and Change in Tibial Cartilage Volume and Symptoms in Obese Adults. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **74**, 1024-1029. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2013-204488>
- [9] Manninen, P., Riihimaki, H., Heliövaara, M., et al. (2004) Weight Changes and the Risk of Knee Osteoarthritis Requiring Arthroplasty. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **63**, 1434-1437. <https://doi.org/10.1136/ard.2003.011833>
- [10] 罗宇, 周平. 肌肉减少症与骨关节炎之间的联系及共同发病机制[J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2020, 4(24): 107-111.
- [11] Collins, K.H., Lenz, K.L., Pollitt, E.N., et al. (2021) Adipose Tissue Is a Critical Regulator of Osteoarthritis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118**. <https://doi.org/10.1073/pnas.2021096118>
- [12] Long, H., Xie, D., Zeng, C., et al. (2019) Association between Body Composition and Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Rheumatic Diseases*, **22**, 2108-2118. <https://doi.org/10.1111/1756-185X.13719>
- [13] Willacy, R.A., Olufajo, O.A., Esdaille, C.J., et al. (2020) The Role of Body Mass Index in Perioperative Complications among Patients Undergoing Total Knee Arthroplasty. *Journal of Surgical Orthopaedic Advances*, **29**, 205-208.
- [14] 葛均波. 内科学[M]. 第9版. 北京: 人民卫生出版社, 2018.

- [15] Lins Vieira, N.F., Da Silva Nascimento, J., Do Nascimento, C.Q., *et al.* (2021) Association between Bone Mineral Density and Nutritional Status, Body Composition and Bone Metabolism in Older Adults. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, **25**, 71-76. <https://doi.org/10.1007/s12603-020-1452-y>
- [16] 陈金霞. 云南大理白族中老年人人体成分分析及其与骨密度相关性[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明医科大学, 2020.
- [17] 尹肖寒, 陶萄, 侯丹平, 等. 人体成分与骨密度的相关性研究[J]. 系统医学, 2018, 3(17): 1-4.
- [18] Iwase, T., Sangai, T., Nagashima, T., *et al.* (2016) Impact of Body Fat Distribution on Neoadjuvant Chemotherapy Outcomes in Advanced Breast Cancer Patients. *Cancer Medicine*, **5**, 41-48. <https://doi.org/10.1002/cam4.571>
- [19] 蔡思清, 颜丽笙, 李毅中, 等. 人体脂肪组织对骨密度的影响[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(2): 161-164.
- [20] 缪克团, 许兵, 王萧枫, 等. 绝经后女性肌少症与骨质疏松症的相关性研究[J]. 中国医药导报, 2020, 17(32): 104-107.
- [21] 张玲玲, 王丽娇, 杜红珍, 等. 321例恶性肿瘤患者人体成分分析研究[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2020, 7(3): 307-311.
- [22] 花红霞, 许勤, 徐欣怡, 等. 人体组成评定在肿瘤患者营养评定中的研究进展[J]. 中国全科医学, 2020, 23(35): 4519-4523.
- [23] 郭仲, 冀赛光, 徐杨, 等. 术前预康复对食管癌病人术后营养状况与人体成分的影响[J]. 肠外与肠内营养, 2018, 25(3): 156-160.
- [24] Sahyun, P., Young, P.S., Jun, S.T., *et al.* (2019) Association of Muscle Mass with Survival after Radical Prostatectomy in Patients with Prostate Cancer. *The Journal of Urology*, **202**, 525-532. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000000249>
- [25] Versteeg, K.S., Buskermolen, S.B., Buffart, L.M., *et al.* (2018) Higher Muscle Strength Is Associated with Prolonged Survival in Older Patients with Advanced Cancer. *The Oncologist*, **23**, 580-585. <https://doi.org/10.1634/theoncologist.2017-0193>
- [26] Debora, B., Michele, B., Maurizio, P., *et al.* (2021) Prognostic Role of Visceral Fat for Overall Survival in Metastatic Colorectal Cancer: A Pilot Study. *Clinical Nutrition*, **40**, 286-294. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.05.019>
- [27] Katrina, C., *et al.* (2020) Brown Adipose Tissue and Cancer Progression. *Skeletal Radiology*, **49**, 635-639. <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03322-w>
- [28] Sung, W.J., Kim, W.J., Hwang, Y., *et al.* (2020) Body Composition of School-Aged Children with Disabilities. *Pediatrics International*, **62**, 962-969. <https://doi.org/10.1111/ped.14248>
- [29] Josefson, J.L., Scholtens, D.M., Kuang, A., *et al.* (2021) Newborn Adiposity and Cord Blood C-Peptide as Mediators of the Maternal Metabolic Environment and Childhood Adiposity. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/figshare.13645727>
- [30] Jin, B., Lin, H., Yuan, J., *et al.* (2020) Abdominal Adiposity and Total Body Fat as Predictors of Cardiometabolic Health in Children and Adolescents with Obesity. *Frontiers in Endocrinology*, **11**, 579. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00579>
- [31] 吴燕, 朱燕飞, 吕美丹, 等. 妊娠期糖尿病患者孕期体成分分析[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(4): 748-750.
- [32] 李雍, 黄倩, 秦勇, 等. 孕期体重及体脂百分比变化趋势分析[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(7): 55-60.
- [33] 张灿, 刘洁, 张海燕, 等. 孕早期孕妇体成分与分娩巨大儿的相关性[J]. 武警医学, 2019, 30(9): 764-768.
- [34] Eshriqui, I., Valente, A.M.M., Folchetti, L.D., *et al.* (2020) Pre-Pregnancy BMI Is Associated with Offspring Body Composition in Adulthood before Adiposity-Related Disorders: A Retrospective Cohort. *Public Health Nutrition*, **24**, 1296-1303. <https://doi.org/10.1017/S1368980020005285>
- [35] Cárdenas-Fernández, V., Chinchilla-Minguet, J.L. and Castillo-Rodríguez, A. (2019) Somatotype and Body Composition in Young Soccer Players According to the Playing Position and Sport Success. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **33**, 1904-1911. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002125>
- [36] Tsukahara, Y., Torii, S., Yamasawa, F., *et al.* (2020) Changes in Body Composition and Its Relationship to Performance in Elite Female Track and Field Athletes Transitioning to the Senior Division. *Sports (Basel, Switzerland)*, **8**, 115. <https://doi.org/10.3390/sports8090115>
- [37] Thibault, R., Genton, L. and Pichard, C. (2012) Body Composition: Why, When and for Who? *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, **31**, 435-447. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.12.011>