

儿童肌少症评估方法研究进展

邹亦飞, 杨一卓, 郭建军

首都体育学院体医融合创新中心, 北京 100191

摘 要: 儿童肌少症是一个新兴的概念, 近几年研究表明, 肌少症在儿童期也会出现, 其病因十分复杂, 主要为病理因素, 但在健康的儿童青少年群体中, 活动不足、久坐也会导致骨骼肌质量减少、肌肉功能下降, 最终出现肌少症。目前为止儿童肌少症评估方法的研究尚不完善, 其主要分为功能评估技术和体成分分析技术两种。肌少症主要是在老年人或慢性病患者的背景下进行研究, 对于儿童肌少症的研究严重不足。为了儿童的健康发展, 应该加强对儿童肌少症的深入研究, 制定有效的评估手段和治疗策略, 提高我国儿童的身体素质。

关键词: 肥胖; 儿童; 肌少症; 肌肉质量; 评估

中图分类号: R726.8 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2024)08-0891-06 doi: 10.11852/zgetbjzz2023-1104

Assessment methods of children with sarcopenia

ZOU Yifei, YANG Yizhuo, GUO Jianjun

Sports & Medicine Integration Research Center (SMIRC), Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China

Corresponding author: GUO Jianjun, E-mail: guojianjun@cupes.edu.cn

Abstract: Sarcopenia in children is an emerging concept. Recent researches have shown that sarcopenia also occurs in children. The etiology of sarcopenia in children is complex, primarily due to pathologic factors, but also in a healthy population of children and adolescents, where underactivity and sedentary behavior can lead to reduction in skeletal muscle mass, decline in muscle function, and ultimately, the emergence of sarcopenia. The methods of assessing sarcopenia in children are still not well researched, and are mainly divided into two techniques: functional assessment and body composition analysis. Studies on sarcopenia have so far been conducted mainly in the context of the elderly or chronically ill, and there is a serious lack of research on sarcopenia in children. For the sake of children's healthy development, in-depth research on sarcopenia in children should be strengthened to formulate effective assessment tools and treatment strategies to improve the physical fitness of children in China.

Keywords: obesity; children; sarcopenia; muscle mass; assessment; assessment

在 2019 年亚洲肌少症诊断和治疗共识中, 肌少症(sarcopenia)被定义为与年龄相关的骨骼肌质量减少, 肌肉力量丧失和/或体能下降。通常认为由于随着年龄的增加肌肉质量不断降低才会出现肌少症, 但是近年越来越多的研究表明, 在儿童青少年时期就可能出现肌肉质量下降、肌肉力量下降、身体功能下降等与肌少症相似的临床指征。目前关于儿童肌少症的病因及评估方法的研究尚不完善。本文对儿童肌少症领域的相关文献进行整理分析, 为确定儿童肌少症人群, 评估及改善儿童肌少症提供参考。

1 儿童肌少症概述

儿童肌少症是一个新兴的概念, 目前既没有共识的定义, 也没有标准化的诊断标准^[1], 其病因十分

复杂, 主要为病理因素, 如儿童白血病、炎症性肠病、2 型糖尿病、终末期肝病或肠衰竭等特定儿科疾病^[2-4]。在儿科患者中出现肌少症的病因可能是由于胰岛素抵抗或炎症等因素导致骨骼肌质量减少^[5], 也有可能是由于疾病导致营养摄入和运动不足, 从而导致骨骼肌质量和功能低于相应年龄的预期^[6], 如在肝移植术后、小儿或青少年神经系统疾病中出现的肌少症^[7-8]。

在健康儿童青少年群体中, 活动不足、久坐也会导致骨骼肌质量减少、肌肉功能下降, 最终导致肌少症的出现^[9-11]。这类群体通常表现为肌肉量和脂肪量之间的不平衡^[12], 这些儿童的体重和正常儿童相同, 但骨骼肌质量远低于正常儿童。且儿童和青少年阶段肌肉量的增长存在一定特殊性。在进入青春

作者简介: 邹亦飞(2000-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为体医融合。

通信作者: 郭建军, E-mail: guojianjun@cupes.edu.cn

期之前,肌肉量和非脂肪量随着身体的生长缓慢而成比例地增加^[13],但进入青春期后,生长激素和性类固醇突增,使肌肉量的百分比迅速增加^[14]。肌肉量的增长也与性别有关,男生的肌肉质量指数在 9 岁前略有上升,随后迅速上升至 15 岁,15 岁后缓慢增长;女生的肌肉质量指数在 8 岁前略有上升,14 岁前迅速上升,此后保持稳定。男生四肢骨骼肌质量指数在 16 岁前迅速增加,之后略有增加;而女生在 14 岁之前的平均值一直在上升,但之后呈轻微下降趋势^[15]。因此对于儿童肌少症的诊断,一定要考虑年龄和性别因素。

2 判断儿童肌少症的临界值

当前研究中评估儿童肌少症最常用的是双能 X 线吸收法(dual X-Ray absorptiometry, DXA)和生物电阻测量仪(bioelectrical impedance analysis, BIA)技术,其次是其他影像学技术和握力测试。与成人不同,儿童和青少年阶段的肌肉质量是不断增长的,在不同年龄阶段,儿童肌少症的临界值都可能不同,因此关于如何判断肌少症的临界值存在较大的异质性^[16]。

2.1 身体功能评估指标

2.1.1 握力与体质量指数的比值 Cruz-Jentoft 等^[17]建议使用握力作为诊断肌少症的指标。握力测试与双能 X 射线吸收法和生物电阻抗等方法相比,更加快速、方便。但考虑到儿童的生长发育和体型的变化,握力应该用相对值表示。在儿童青少年群体中,Steffl 等^[18]以 730 名 4~14 岁捷克儿童为样本量,推算出适用于 4~9 岁和 9~14 岁儿童肌少症筛查的握力与体质量指数(body mass index, BMI)比值^[18]。但由于人种、民族等不同,该临界值可能不适用于在中国筛查儿童肌少症。He 等^[19]以 39 655 名 8~80 岁中国人为样本量,推算出中国人群的握力标准值,其中 8~20 岁的儿童青少年相对握力的标准值有助于筛查儿童肌少症。

2.2 体成分评估指标

2.2.1 肌肉脂肪比 肌肉脂肪比(muscle-to-fat ratio, MFR)是由四肢骨骼肌质量(appendicular skeletal muscle mass, SMMa)与脂肪质量(fat mass, FM)之比得到的^[20]。当前 MFR 是判断儿童青少年肌少症临界值的主流方法,主要是通过使用 DXA^[10]和 BIA^[12,18,20]后利用所得到的体成分数据来计算 MFR 从而判断是否存在肌少症。McCarthy 等^[20]先将 10~18 岁青少年的 BMI 按年龄和性别标准化后进行五分位数划分,并分别计算各五分位

数的 MFR 平均值和标准差,其中第三、五分位数的 MFR 平均值减去 2 个标准差即为判断肌少症的截断值。该截断值是根据白种人群体的数据计算所得,因此使用该临界值筛查黄种人群体的儿童肌少症可能存在误差。Kim 等^[10]发现将临界值重置为第三、五分位数的 MFR 平均值减去 1 个标准差时,更适用于韩国儿童和青少年群体,此时儿童肌少症的 MFR 临界值分别为男生 1.155,女生 0.723。

2.2.2 骨骼肌相对质量 骨骼肌质量(skeletal muscle mass, SMM)是评判是否存在肌少症的重要指标。超重或肥胖青少年儿童整体 SMM 水平会很高,但其肌肉质量水平可能较低,因此可以选择骨骼肌相对质量作为判断儿童青少年肌少症的指标。骨骼肌相对质量(skeletal muscle mass-to-weight ratio, %SMM)用 SMM 除以体重计算^[20]。Videira-Silva 等^[21]证明 %SMM 与儿童肌少症高度相关^[21],进入青春期后青少年的脂肪和骨骼肌质量均逐渐提升,%SMM 可用于筛查处于青春期的肥胖儿童是否存在肌少症。

2.2.3 相对肌肉质量 相对肌肉质量(relative muscle mass, RMM)定义为肌肉质量(kg)相对于肌肉和脂肪质量(kg)之和的百分比,可以由 DXA 测量获得。相对肌肉质量代表了一个人的肌肉质量水平,在面对患有慢性疾病和营养不良的超重或肥胖儿童群体时,测量 RMM 不仅可以判断是否存在肌少症,还可以作为判断代谢综合征、胰岛素抵抗和糖尿病前期风险的重要指标^[22]。

3 儿童肌少症的评估技术

在患有肌少症的老年群体中,当检测到肌肉力量下降、肌肉质量过低和身体表现不佳时,通常将其定义为存在严重的肌少症^[17]。目前评估老年肌少症的技术已经较为完善,既可以使用 DXA、BIA、核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等体成分评估技术精确诊断肌少症,也可以使用握力测试、椅立测试、计时起立行走测试、6min 步行测试等功能评估技术和 SARC-F 功能评估量表大规模筛查肌少症患者,但这些评估技术是否适用于儿童青少年尚存在争议^[23]。目前,关于儿童肌少症的评估技术主要分为功能评估技术和体成分分析技术。

3.1 功能评估技术 考虑到儿童的特殊性,现有的功能评估技术按照年龄大小进行区分^[16]。对于年龄较大的儿童和青少年,可以使用一些可以评估肌肉力量和身体功能素质的功能评估技术,如握力测试(grip strength)、立定跳远(standing long jump,

SLJ) 和 30s 仰卧起坐(30-s sit-ups)^[17]等。其中握力测试是最常用的功能评估技术,已经得到证实并在筛查儿童青少年肌少症中广泛使用^[18,24]。

握力测试是指受试者以最大的力去挤压握力器,期间身体不应该采取其它动作,鼓励受试者使用最大的力气,持续 3s,然后从左手或右手取得最佳值称为握力值(handgrip strength, HSG)。考虑到儿童青春期体型和身高的差异性,近几年的研究提出使用 HSG 与 BMI 的比值来评估儿童肌少症^[24-25]。握力测试相比其他的功能测试,能快速、方便地评估儿童青少年群体中是否存在肌少症。虽然握力测试适用于大部分人群,但对于患有特定儿科疾病的人群可能并不适用,如急性淋巴细胞白血病患者服用的高剂量皮质类固醇会导致近端肌无力,影响握力测试结果^[26]。

立定跳远是年轻人肌肉健康的一个通用指标,一些研究表明,立定跳远测试不仅可以测量下肢肌肉力量和肌肉爆发力,与上肢肌肉强度也存在显著正相关^[27],当无法进行握力测试时,可以选择立定跳远作为替补测试^[9]。

对于年龄较小的儿童,可以使用标准化的运动功能评估量表,以评估可能受肌肉功能受损影响的运动表现。为此,可以使用 AlbertaL 运动量表(Alberta Infant Motor Scale, AIMS)和 Peabody 运动发育量表(Peabody Developmental Motor Scales, PDMS-2)^[28]。目前如何对年龄较小的儿童进行功能评估存在一定困难,儿童的运动表现由多种因素决定,包括姿势控制、协调、核心稳定性的发展,肌肉功能下降可能导致粗大和精细运动能力的延迟^[29]。此外,疾病也可能限制执行特定肌肉测试的能力。例如,慢性肝病儿童的高氨血症可能损害神经认知发育,这是肌肉功能评估的潜在混杂变量^[30]。

3.2 体成分分析技术 体成分评估技术是目前评估儿童肌少症的主流方式。目前研究中经常使用的体成分评估技术主要包括 DXA、BIA、MRI、电子断层扫描(computed tomography, CT)、超声(ultrasound, US)。

3.2.1 双能 X 线吸收法 双能 X 射线吸收仪是分子水平分析身体成分的金标准技术,它可以对单个身体部位或对整个身体水平的脂肪量、瘦体重进行评估和量化^[31]。研究发现 DXA 测得的脂肪量与 CT 或 MRI 测得的脂肪组织之间存在很强的相关性;DXA 评估的瘦体重也与 CT 或 MRI 评估的骨骼肌组织之间也存在较强的相关性。DXA 比 CT/MRI 更容易获得数据,并且辐射低,对儿童生长发

育不会造成伤害^[32],且该方法快速、简单、低成本,因此,DXA 是预测骨骼肌质量和脂肪质量准确可行的技术。但由于儿童在青春期骨骼与肌肉均在不断增长发育,尚无适用于青春期儿童的计算方程,所以需要根据儿童的体型调整参数^[33]。且除 9 岁和 11~13 岁年龄组外,男生的瘦体重质量指数(fat free mass index, FFMI)均显著高于女生^[34],所以通过 DXA 评估肌少症时一定要考虑青春期与性别因素。

3.2.2 生物电阻测量仪 BIA 是目前应用广泛的肌肉质量量化方法^[17,35]。在肌少症的筛查中,由于 BIA 成本低、方便,因此大多数需要大面积筛查的研究都使用 BIA 作为首选的评估技术^[20,36-37]。但是受试者水合状态、检测过程中身体位置和电极位置的微小变化、测量前是否进食、是否存在体育活动等因素都会对 BIA 评估的结果产生影响^[31],且儿童与成人相比含有相对较多的水分,较少的蛋白质和矿物质。这意味着儿童的身体密度低于成人。对于处于青春期的青少年,女性增加了更多的脂肪量,而男性由于内分泌因素的影响,特别是生长激素和性激素(雌激素、睾酮)导致非脂肪量增加更多^[38],这些都会成为 BIA 测量的误差因素。

3.2.3 核磁共振成像 MRI 是目前评估儿童肌少症最复杂的成像技术,MRI 可以量化肌肉的横截面积(cross sectional area, CSA)和体积,显示其形态特征和分布,精准度高^[16]。在临床检测儿童肌少症中,可以使用 MRI 测量 L4 和 L5 椎间盘处的腰大肌总面积、椎旁肌总面积和脂肪浸润面积作为判断儿童青少年肌少症的指标。但是 MRI 成本高、且需要患者高度配合、耗费时间长,因此当前研究中仅限于临床筛查儿童肌少症时使用^[39]。

3.2.4 电子断层扫描 成人的研究表明,CT 和 MRI 显示 L3 处的骨骼肌面积与全身骨骼肌面积的相关性最高^[40-41]。然而,根据 Derstine 等^[40]研究,如果检查中无法使用 L3 水平,那么次佳选择是 L2,然后是 L4,从 T10 到 L5 的所有脊柱节段的骨骼肌面积和骨骼肌指数都与其相关。Lurz 等^[5]研究也表明在儿童中也可以使用 CT 扫描两个腰椎阶段(L3-L4 和 L4-L5)的腰大肌总面积评估儿童是否存在肌少症。但随着儿童年龄的增加,骨骼肌面积也随之增加,根据成人测量值建立的儿童参考范围,无任何年龄截点,可能存在一定误差^[42],且 CT 的高辐射会对儿童健康造成伤害,因此目前研究中仅适用于临床上的患病儿童。

3.2.5 超声评估 超声检查成本相对较低,易于使用。超声在一些横断面和纵向研究中被用于评估肌

肉的数量和质量。研究表明,超声测量的肌肉尺寸与力量显著相关,在开始抗阻训练后 6 周就可以看到这些测量值的变化^[43]。一项包括老年人和年轻人的研究表明,超声可以通过测量股四头肌厚度来监测肌少症^[44],而且肌肉厚度与等距最大自主收缩力高度相关。通过抗阻训练,肌肉结构的适应也可以通过超声成像可视化^[45]。一些研究表明肌少症最先出现在大腿,尤其是股四头肌,若研究得到证实,超声可以作为 DXA 检查前的初筛手段^[45]。超声评估需要受试者高度配合、听从指令,因此更适用于学龄儿童。

4 改善儿童肌少症的方法

单纯通过控制饮食的减肥疗法改善肌少症效果较低,单纯的节食虽然会使体重降低,但也会降低肌肉质量,且儿童和青少年群体具有特殊性,尤其是对于青春期的群体更应该谨慎选择改善方式。在儿童和青少年群体中,青春期属于一个特殊的时期。在青春期中,儿童生长发育加速,体力运动减少。目前改善肌少症的方法研究多集中在帮助患有慢性疾病的儿童和青少年群体提高肌肉质量,对于仅患有肌少症的亚健康儿童和青少年群体关注较少,主要采取的治疗手段为体力活动(physical activity, PA)和营养干预结合进行。

4.1 体力活动 在儿童与青少年群体中,体力活动对于降低脂肪量,增加肌肉质量有重要意义。但儿童群体有一定的特殊性,相比强制性锻炼,儿童更倾向于选择家长支持和其感兴趣的运动^[46]。因此,建议父母作为儿童积极运动的榜样,将体力活动融入日常生活中,减少儿童视屏和久坐时间。同时也要与儿童的生长发育规律相结合,制定个性化运动方案。由于肌少症儿童的肌肉质量较低,所以设计的运动方案应以增加儿童肌肉质量为主要目的。

研究表明,肌肉量的增加并不一定会转化为肌肉力量的提高,而单纯肌肉力量的提高也不一定会导致肌肉量的增加^[47],所以为了改善儿童肌少症,不能单纯选择有氧训练。Alberga 等^[47]对 14~18 岁青少年进行 22 周的抗阻训练或联合训练(抗阻+有氧训练),发现其骨骼肌质量分别增加 0.9 和 0.4 kg。且与有氧训练组相比,阻力训练组的肌肉力量大于不运动的对照组和联合训练组^[47]。因此,在儿童和青少年中,阻力训练对于确保肌肉质量积累非常重要,阻力训练是目前改善肌少症最有效的运动策略。对于患有慢性疾病的儿童青少年群体,不仅要考虑训练效果,更要考虑运动方案的安全性。

现有研究中,采取的方案一般为有氧训练达到 70%~80% 峰值心率,抗阻训练根据自觉感知用力程度计量表(Rating of Perceived Exertion, RPE)判断达到疲劳状态即可^[48]。对于处于青春期前的儿童,还需要考虑自身相对低浓度的生长激素和性激素是否会对训练效果产生影响。

4.2 营养 营养是肌少症和肥胖症发展的关键因素。然而,营养影响肌少症与肥胖症的机制不同。肌少症与营养摄入不足有关,而肥胖是由于过度摄入能量,导致能量摄入和能量消耗之间的平衡被打破^[49]。因此制定肌少症患者的营养策略时,应以最佳营养摄入、增加骨骼肌质量或防止肌肉质量损失为目的,同时减少多余脂肪量。儿童与青少年处于生长发育的关键阶段,因此要保持营养摄入,不能单纯执行低热量饮食的策略。

目前,少有研究提出通过饮食策略改善儿童肌少症,仅有一项研究发现将儿童饮食向低脂肪成分的健康饮食转变有助于预防肌少性肥胖^[49]。

综上,目前肌少症主要是在老年人或慢性病患者中进行研究,对于儿童群体肌少症的研究严重不足,如今儿童和肥胖人群日益增多,为了促进儿童青少年的健康发展,应该加强对肌少症的深入研究,尽快完善儿童肌少症的诊断标准,制定有效的评估手段和治疗策略,从而达到提高我国儿童身体素质的目标。

参考文献

- [1] Torres-Costoso A, Zymbal V, Janz KF, et al. Body composition and musculoskeletal fitness: A cluster analysis for the identification of risk phenotypes for pediatric sarcopenia[J]. Clin Nutr, 2023, 42(7):1151-1158.
- [2] Suzuki D, Kobayashi R, Sano H, et al. Sarcopenia after induction therapy in childhood acute lymphoblastic leukemia: Its clinical significance[J]. Int J Hematol, 2018, 107(4):486-489.
- [3] Woolfson JP, Perez M, Chavhan GB, et al. Sarcopenia in children with end-stage liver disease on the transplant waiting list[J]. Liver transplantation, 2021, 27(5):641-651.
- [4] Trierweiler H, Kisielwicz G, Hoffmann Jonasson T, et al. Sarcopenia: A chronic complication of type 2 diabetes mellitus[J]. Diabetol Metab Syndr, 2018, 10:25.
- [5] Lurz E, Patel H, Lebovic G, et al. Paediatric reference values for total psoas muscle area[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2020, 11(2):405-414.
- [6] Gilligan LA, Towbin AJ, Dillman JR, et al. Quantification of skeletal muscle mass: Sarcopenia as a marker of overall health in children and adults[J]. Pediatr Radiol, 2020, 50(4):455-464.
- [7] Kim J, Yoon H, Lim HJ, et al. Decrease of muscle mass in

- young patients with neuromuscular disease: Assessment of sarcopenia[J]. *J Korean Med Sci*, 2023, 38(21):e187.
- [8] Ooi PH, Mazurak VC, Siminoski K, et al. Deficits in muscle strength and physical performance influence physical activity in sarcopenic children after liver transplantation[J]. *Liver Transpl*, 2020, 26(4):537-548.
- [9] Sack C, Ferrari N, Friesen D, et al. Health risks of sarcopenic obesity in overweight children and adolescents: Data from the CHILT III Programme(Cologne)[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(1):277.
- [10] Kim K, Hong S, Kim EY. Reference values of skeletal muscle mass for Korean children and adolescents using data from the Korean national health and nutrition examination survey 2009-2011 [J]. *PLoS One*, 2016, 11(4):e0153383.
- [11] Clasey JL, Easley EA, Murphy MO, et al. Body mass index percentiles versus body composition assessments: Challenges for disease risk classifications in children[J]. *Front Pediatr*, 2023, 11:1112920.
- [12] Gontarev S, Jakimovski M, Georgiev G. Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity[J]. *Nutr Hosp*, 2020, 34(3):490-496.
- [13] Orsso CE, Tibaes JRB, Oliveira CLP, et al. Low muscle mass and strength in pediatrics patients: Why should we care? [J]. *Clin Nutr*, 2019, 38(5):2002-2015.
- [14] Cole TJ, Ahmed ML, Preece MA, et al. The relationship between insulin-like growth factor 1, sex steroids and timing of the pubertal growth spurt [J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2015, 82(6):862-869.
- [15] Liu J, Yan Y, Xi B, et al. Skeletal muscle reference for Chinese children and adolescents[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2019, 10(1):155-164.
- [16] Zembura M, Matusik P. Sarcopenic obesity in children and adolescents: A systematic review[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13:914740.
- [17] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis[J]. *Age Ageing*, 2019, 48(1):16-31.
- [18] Steffl M, Chrudimsky J, Tufano JJ. Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity[J]. *PloS One*, 2017, 12(5):e0177006.
- [19] He H, Pan L, Wang D, et al. Normative values of hand grip strength in a large unselected Chinese population: Evidence from the China National Health Survey[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2023, 14(3):1312-1321.
- [20] McCarthy HD, Samani-Radia D, Jebb SA, et al. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents [J]. *Pediatr Obes*, 2014, 9(4):249-259.
- [21] Videira-Silva A, Fonseca H. Skeletal muscle and metabolic risk in overweight adolescents. An indicator of premature sarcopenic obesity [J]. *Int J Health Sci Res*, 2017, 7: 34-43.
- [22] Pacifico L, Perla FM, Andreoli G, et al. Nonalcoholic fatty liver disease is associated with low skeletal muscle mass in overweight/obese youths [J]. *Front Pediatr*, 2020, 8:158.
- [23] Jung HN, Jung CH, Hwang YC. Sarcopenia in youth[J]. *Metabolism*, 2023, 144:155557.
- [24] Palacio-Agüero A, Diaz-Torrente X, Quintiliano Scarpelli Dourado D. Relative handgrip strength, nutritional status and abdominal obesity in Chilean adolescents [J]. *PLoS One*, 2020, 15(6):e0234316.
- [25] Yi DW, Khang AR, Lee HW, et al. Relative handgrip strength as a marker of metabolic syndrome: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) VI (2014—2015) [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2018, 11:227-240.
- [26] Verwaaijen EJ, van Hulst AM, Molinger J, et al. The utility of a portable muscle ultrasound in the assessment of muscle alterations in children with acute lymphoblastic leukaemia[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2023, 14(5): 2216-2225.
- [27] Olds T, Dumuid D, Eglitis E, et al. Changes in fitness and fatness in Australian school children during the summer holidays: Fitness lost, fatness regained? A cohort study [J]. *BMC Public Health*, 2023, 23(1):2094.
- [28] Griffiths A, Toovey R, Morgan PE, et al. Psychometric properties of gross motor assessment tools for children: A systematic review[J]. *BMJ open*, 2018, 8(10):e021734.
- [29] Ooi PH, Thompson-Hodgetts S, Pritchard-Wiart L, et al. Pediatric sarcopenia: A paradigm in the overall definition of malnutrition in children? [J]. *J Parenter Enteral Nutr*, 2020, 44(3):407-418.
- [30] Dara N, Sayyari AA, Imanzadeh F. Hepatic encephalopathy: Early diagnosis in pediatric patients with cirrhosis[J]. *Iran J Child Neurol*, 2014, 8(1):1-11.
- [31] Guglielmi G, Ponti F, Agostini M, et al. The role of DXA in sarcopenia [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2016, 28(6): 1047-1060.
- [32] Buckinx F, Landi F, Cesari M, et al. Pitfalls in the measurement of muscle mass: A need for a reference standard [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2018, 9(2):269-278.
- [33] Lawrence AE, Adler BH, Minneci PC. Response to: Evaluation of sarcopenia in children[J]. *J Surg Res*, 2019, 237: 113-114.
- [34] Guo B, Wu Q, Gong J, et al. Relationships between the lean mass index and bone mass and reference values of muscular status in healthy Chinese children and adolescents[J]. *J Bone Miner Metab*, 2016, 34(6):703-713.
- [35] Rossi AP, Fantin F, Micciolo R, et al. Identifying sarcopenia in acute care setting patients[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2014, 15(4):303. e7-e12.
- [36] Gätjens I, Schmidt SCE, Plachta-Danielzik S, et al. Body composition characteristics of a load-capacity model: Age-dependent and sex-specific percentiles in 5- to 17-year-old children[J]. *Obes Facts*, 2021, 14(6):593-603.
- [37] Stefanaki C, Peppas M, Boschiero D, et al. Healthy over-

- weight/obese youth; Early osteosarcopenic obesity features [J]. *Eur J Clin Invest*, 2016, 46(9):767-778.
- [38] Loomba-Albrecht LA, Styne DM. Effect of puberty on body composition [J]. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 2009, 16(1):10-15.
- [39] Yodoshi T, Orkin S, Arce Clachar AC, et al. Muscle mass is linked to liver disease severity in pediatric nonalcoholic fatty liver disease[J]. *J Pediatr*, 2020, 223:93-99. e2.
- [40] Derstine BA, Holcombe SA, Ross BE, et al. Skeletal muscle cutoff values for sarcopenia diagnosis using T10 to L5 measurements in a healthy US population [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):11369.
- [41] Schweitzer L, Geisler C, Pourhassan M, et al. What is the best reference site for a single MRI slice to assess whole-body skeletal muscle and adipose tissue volumes in healthy adults? [J]. *Am J Clin Nutr*, 2015, 102(1):58-65.
- [42] Somasundaram E, Castiglione JA, Brady SL, et al. Defining normal ranges of skeletal muscle area and skeletal muscle index in children on CT using an automated deep learning pipeline: Implications for sarcopenia diagnosis[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2022, 219(2):326-336.
- [43] Scanlon TC, Fragala MS, Stout JR, et al. Muscle architecture and strength: Adaptations to short-term resistance training in older adults[J]. *Muscle Nerve*, 2014, 49(4):584-592.
- [44] Strasser EM, Draskovits T, Prashak M, et al. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly [J]. *Age (Dordr)*, 2013, 35(6):2377-2388.
- [45] Wells AJ, Fukuda DH, Hoffman JR, et al. Vastus lateralis exhibits non-homogenous adaptation to resistance training[J]. *Muscle Nerve*, 2014, 50(5):785-793.
- [46] Foster C, Moore JB, Singletary CR, et al. Physical activity and family-based obesity treatment: A review of expert recommendations on physical activity in youth [J]. *Clin Obes*, 2018, 8(1):68-79.
- [47] Alberga AS, Prud'homme D, Sigal RJ, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on cardiorespiratory and musculoskeletal fitness in adolescents with obesity: The HEARTY trial [J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2016, 41(3):255-265.
- [48] Song M, Armenian SH, Bhandari R, et al. Exercise training and NR supplementation to improve muscle mass and fitness in adolescent and young adult hematopoietic cell transplant survivors: A randomized controlled trial {1} [J]. *BMC Cancer*, 2022, 22(1):795.
- [49] Yang B, Tang C, Shi Z, et al. Association of macronutrients intake with body composition and sarcopenic obesity in children and adolescents: A population-based analysis of the national health and nutrition examination survey (NHANES) 2011—2018 [J]. *Nutrients*, 2023, 15(10):2307.

收稿日期:2023-10-31 修回日期:2024-01-02 本文编辑:王悦

(上接第 890 页)

- Metab*, 2014, 99(8):2771-2777.
- [43] Kuhlow D, Florian S, von Figura G, et al. Telomerase deficiency impairs glucose metabolism and insulin secretion [J]. *Aging (Albany NY)*, 2010, 2(10):650-658.
- [44] Cheng G, Wang L, Dai M, et al. Shorter leukocyte telomere length coupled with lower expression of telomerase genes in patients with essential hypertension [J]. *Int J Med Sci*, 2020, 17(14):2180-2186.
- [45] Honkonen M, Vääräniemi K, Saijonmaa O, et al. Leukocyte telomere length is inversely associated with arterial wave reflection in 566 normotensive and never-treated hypertensive subjects [J]. *Aging (Albany NY)*, 2020, 12(12):12376-12392.
- [46] Gao S, Rohr JK, de Vivo I, et al. Telomere length, health, and mortality in a cohort of older black South African adults [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2023, 78(11):1983-1990.
- [47] Deng Y, Li Q, Zhou F, et al. Telomere length and the risk of cardiovascular diseases: A Mendelian randomization study [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9:1012615.
- [48] Tellechea M, Gianotti TF, Alvarinas J, et al. Telomere length in the two extremes of abnormal fetal growth and the programming effect of maternal arterial hypertension [J]. *Sci Rep*, 2015, 5:7869.
- [49] Laganović M, Bendix L, Rubelj I, et al. Reduced telomere length is not associated with early signs of vascular aging in young men born after intrauterine growth restriction: A paradox? [J]. *J Hypertens*, 2014, 32(8):1613-1619, discussion 9-20.
- [50] Cao Y, Li H, Mu FT, et al. Telomerase activation causes vascular smooth muscle cell proliferation in genetic hypertension [J]. *Faseb j*, 2002, 16(1):96-98.
- [51] Mouraret N, Houssaini A, Abid S, et al. Role for telomerase in pulmonary hypertension [J]. *Circulation*, 2015, 131(8):742-755.
- [52] Yu SN, Chen SQ, Fan GQ, et al. Relative telomere length in peripheral blood cells and hypertension risk among mine workers: A case-control study in Chinese coal miners [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020:5681096.

收稿日期:2024-02-07 修回日期:2024-03-26 本文编辑:王悦