

·综述·

双能 X 射线吸收测定法测量身体成分的应用及研究进展

郑玲玲 周雨菁 刘兴党

复旦大学附属华山医院核医学科, 上海 200040

通信作者: 刘兴党, Email: xingdliu@fudan.edu.cn

【摘要】 双能 X 射线吸收测定法(DXA)具有辐射剂量低、重现性好、扫描时间短和容易获得等优势, 广泛应用于临床和科研中。DXA 体成分分析可检测骨密度、脂肪质量、瘦体质量、去脂肪质量和体脂率等多种身体成分。目前, DXA 体成分分析在各种临床疾病的诊断、治疗及风险评估中被广泛地应用, 笔者就 DXA 体成分分析在一些临床疾病中的应用及最新研究进展作简要综述。

【关键词】 身体成分; 吸收测定法, 光子; 脂肪质量; 瘦体质量

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201905005-00069](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201905005-00069)

Advances in the application and research of dual energy X-ray absorptiometry in measuring body compositions

Zheng Lingling, Zhou Yujing, Liu Xingdang

Department of Nuclear Medicine, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China

Corresponding author: Liu Xingdang, Email: xingdliu@fudan.edu.cn

【Abstract】 Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) is widely used in clinical and scientific research due to its advantages of low radiation dose, good reproducibility, short scanning time and easy access. DXA body composition analysis can detect various body compositions, including bone density, fat mass, lean body mass, fat-free mass, body fat rate and so on. It has been widely used in the diagnosis, treatment and risk assessment of various clinical diseases. This review is focused on the application of DXA body composition analysis and the latest research in some clinical diseases.

【Key words】 Body composition; Absorptiometry, photon; Fat mass; Lean mass

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-201905005-00069](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201905005-00069)

双能 X 射线吸收测定法 (dual energy X-ray absorptiometry, DXA) 是利用高低两种能量的 X 射线透过人体时的能量衰减来计算扫描区域中骨矿物质含量和软组织成分的一种方法^[1]。由于骨骼和软组织成分的衰减系数不同, DXA 扫描可区分全身和局部骨骼及软组织成分。CT、MRI、超声检查和生物电阻抗分析也可测量身体成分, 但 DXA 具有成本低、精准度高和辐射剂量低等优势, 并且可用于儿童、成人和体弱者^[1], 是临床研究中评估身体成分的首选方法^[2]。身体成分有多种分类方法, DXA 测量身体成分分为 3 种类型: 脂肪质量 (fat mass, FM)、瘦体质量 (lean mass, LM) 和骨矿物

质含量。DXA 测量身体成分包含各种测量参数, 基本参数有骨密度、骨矿物质含量、全身 FM、LM 和体脂率, 评估 LM 和肥胖的参数有瘦体质量指数、四肢瘦体质量指数、脂肪质量指数、内脏脂肪组织、男女型脂肪比 (android/gynoid ratio) 和躯干大腿脂肪量比^[3]。DXA 体成分分析在许多疾病的诊疗中具有重要价值, 特别是对一些慢性非传播性疾病风险的监测^[4]。2013 年, 国际临床密度测定学会基于各种研究结果总结了 DXA 体成分分析在临床疾病中的应用, 包括肥胖症、肌少症和脂肪营养不良等疾病的诊断与风险分级^[3]。近年来, 从评估 FM 或 LM 与疾病风险之间的关联, 到解释病理生

理过程或评估治疗干预的效果等方面, DXA 体成分分析在一系列临床应用中取得了迅速的发展。

1 评估患病风险

1.1 骨质疏松症

目前, DXA 检测骨密度已经作为诊断骨质疏松症(osteoporosis, OP)的“金标准”。越来越多的研究结果显示, LM 与骨密度的相关性最强, 通过 DXA 体成分分析监测 LM 来预测骨密度可评估患 OP 的风险^[5-6]。Marin-Mio 等^[7]发现, 对于未经治疗的女性 OP 患者, LM 比 FM 更能预测骨密度, 尤其是股骨远端的骨密度。LM 可解释大于 30% 股骨远端的骨密度, 这也表明通过维持健康的肌肉质量可能有助于降低患 OP 的风险。同时 Ilesanmi-Oyelere 等^[8]对 127 例健康绝经后妇女的研究结果发现, LM 是股骨颈($\beta=0.497, P<0.001$)、髌部($\beta=0.495, P<0.001$)、脊柱($\beta=0.449, P<0.001$)及全身($\beta=0.406, P<0.001$)骨密度的强力预测因子, 可为 OP 的发生发展提供最佳预测。有研究结果显示, 绝经前女性脊椎骨密度与躯干肌肉质量($r=0.360, P<0.05$)和腹壁肌肉质量(abdominal wall muscle mass, AMM)呈正相关($r=0.324, P<0.01$); 但对绝经后的女性而言, 仅 AMM 是脊椎骨密度的相关预测因子($r=0.272, P<0.01$); 而男性脊椎骨密度仅与 AMM 呈正相关($r=0.181, P<0.01$)^[9]。因此, AMM 对于预测男性和绝经后女性脊椎骨密度有重要的临床参考价值。DXA 测量身体成分可进一步预测和解释骨密度, 对 OP 的早期预防和管理有重要意义。

1.2 HIV 脂肪营养不良(HIV-associated lipodystrophy syndrome, HALS)

在 HIV 感染的患者中, 联合抗逆转录疗法(combined antiretroviral therapy, cART)可引起脂肪组织异常分布。脂肪的丢失和堆积可分为 3 种类型: 脂肪肥大(腹部脂肪堆积)、脂肪萎缩(外周脂肪减少)和混合性脂肪营养不良(包含脂肪萎缩与脂肪肥大), 统称为 HALS^[10]。用 DXA 评估 HALS 患者的脂肪及其分布变化, 可预测罹患 HALS 及其相关疾病的风险。Grenha 等^[11]发现, 在男性 HALS 患者中, 总 FM、躯干 FM 和上肢 FM 增加, 而下肢 FM 没有变化; 总去脂肪质量(free fat mass, FFM)、躯干 FFM 和下肢 FFM 减少, 而上肢 FFM 没

有变化。HALS 患者主要是中心区域脂肪量增加, 而中心区域 FM 的增加与心血管疾病风险的增加密切相关^[12]。且在 cART 治疗期间, HIV 患者可有超重^[13]和腹部肥胖^[14]的表现, 这与糖尿病、心血管疾病和死亡风险相关^[15]。而高血压风险和 HALS 患者的中心 FM 与外周 FM 的比值显著相关($OR=1.258, 95\%CI: 1.008\sim 1.569$), 因此, DXA 体成分分析可作为检测 HALS 患者 FM 的有效手段, 并且可以提高预测高血压风险的准确性^[16]。

1.3 2 型糖尿病

不良的身体成分与 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)互为因果, T2DM 患者可见异常脂肪分布和肌肉质量的改变。Heshka 等^[17]使用 DXA 对 1318 例 T2DM 患者和 242 例健康受试者进行身体成分评估, 结果发现, T2DM 患者躯干 FM 增多, 四肢 FM 减少, 大腿皮下 FM 减少。总 FM 增加及脂肪分布异常与糖尿病呈显著相关($P<0.05$), 特别是内脏脂肪组织的增加与胰岛素抵抗和葡萄糖耐受不良密切相关^[18-19]。同时, 用 DXA 检测健康中老年人的身体成分, 结果发现, 正常体重的老年女性腹部和大腿的 LM 越高, 患糖尿病的风险越低(HR 分别为 0.37 和 0.58); 超重或肥胖的老年女性腹部和大腿的 LM 越高, 患糖尿病的风险越高(HR 分别为 1.23 和 1.28)^[20]。因此, 通过 DXA 监测 FM 和 LM 等身体成分的变化, 可有效评估患 T2DM 的风险。

1.4 乳腺癌

乳腺癌居于女性癌症发病率的首位, 有研究结果发现体重指数(body mass index, BMI)与患乳腺癌的风险相关, 且绝经后妇女的 BMI 越高, 患病风险越大($P<0.001$)^[18]。BMI 是评价体脂的常用指标, 但其不能区分 LM 和 FM, 不能解释身体成分的变化和脂肪分布^[21]。Godinho-Mota 等^[22]对 116 例乳腺癌患者和 226 例对照者进行 DXA 体成分分析, 研究结果发现, 绝经前女性总体脂($OR=2.17, 95\%CI: 1.04\sim 4.52$)、男性型脂肪($OR=2.27, 95\%CI: 1.09\sim 4.74$); 男女型脂肪比($OR=2.27, 95\%CI: 1.09\sim 4.74$)及腰围($OR=2.95, 95\%CI: 1.11\sim 7.82$)与乳腺癌呈正相关, 而 LM($OR=0.46, 95\%CI: 0.22\sim 0.96$)与乳腺癌呈负相关, 这表明低 LM 和高腹部脂肪可增加绝经前女性患乳腺癌的风险。因此, 可通过 DXA 检测绝经前

妇女的身体成分及脂肪分布,从而评估乳腺癌的患病风险。

2 协助诊断疾病

2.1 肥胖症

儿童时期肥胖的成年人更易患肥胖、代谢综合征和糖尿病^[23],因此,早期评估儿童超重和肥胖对预防与肥胖相关的疾病具有重要意义。目前,虽然 BMI 是评估和筛查肥胖最常用的指标,但是 BMI 和体重指数 z 评分(body mass index z-score, BMIz) 评估儿童超重和肥胖具有局限性^[24-25]。Vanderwall 等^[24]用 DXA 监测 515 例肥胖儿童 3 年内的身体成分,并分析 BMIz 变化与总体脂和体脂率变化的关系,结果发现, BMIz 预测体脂率降低的灵敏度较好,为 70%(95%CI: 61%~78%),而特异度较差,为 42%(95%CI: 31%~54%)。这表明单独使用 BMIz 来评估儿童超重和肥胖不够准确,容易发生误诊或漏诊。对于儿童(<9 岁)而言, BMI 是一个较弱的体脂和体脂率预测因子(男: $R^2=0.03$ 、 0.22 ,女: $R^2=0.26$ 、 0.38);而对于青少年(9~18 岁)而言, BMI 是一个很强的体脂预测因子($R^2=0.57$ ~ 0.73),但对 BFP 的预测则较弱($R^2=0.22$ ~ 0.42)^[25]。BMI 不能评估儿童的体脂和体脂率变化,但 DXA 体成分分析可作为辅助工具监测儿童体脂成分,从而更加精确地评估儿童超重和肥胖。

2.2 HALS

Freitas 等^[26]的研究对使用 cART 后的 HIV 患者进行 DXA 全身体成分分析,使用脂肪质量比(fat mass ratio, FMR),即躯干和下肢脂肪质量的比值来诊断是否患有 HALS,并得出男性患者 FMR 最优临界值为 1.961,女性患者 FMR 最优临界值为 1.329。目前尚未有统一的诊断标准,DXA 体成分分析得到的性别特异度 FMR 临界值是早期诊断 HALS 的一种客观有效的方法^[27]。

2.3 慢性肾病

肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)是预测和描述肾功能的重要指标。不同的身体成分可以影响 GFR,从而会影响肾功能评估的结果。Chew-Harris 等^[28]采用 DXA 对正常者(BMI< 25 kg/m^2)、肌肉发达者(BMI $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ 且体脂< 20%)和肥胖者(BMI $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ 且体脂 $\geq 30\%$)进行身体成分测定,并分析其与 GFR 的关系,结果发

现,肌肉发达者的 GFR 高于其他两组, LM 是影响 GFR 的重要因素($P=0.0001$)。Zhou 等^[29]对 148 例慢性肾病(chronic kidney disease, CKD) 3~5 期的患者进行 DXA 体成分分析,结果发现, LM 的降低特别是四肢 LM 的降低与 GFR 的降低呈显著相关($P<0.001$),且男性 CKD 患者(44%)比女性 CKD 患者(22%)的 LM 下降更明显,更易罹患肌少症。因此,使用 DXA 体成分分析可监测 CKD 患者的 LM 变化,从而更准确地评估肾功能以协助诊断 CKD。

3 评估治疗效果

3.1 神经性厌食症

众多研究结果表明,DXA 检测神经性厌食症(anorexia nervosa, AN)患者体重恢复前后的身体成分,可评估 AN 患者接受干预后的疗效^[30-33]。Ghoch 等^[30]发现,短期体重恢复可使男性 AN 患者的身体成分模式正常化,总 LM 和 FM 显示完全正常化,但躯干区域中 FM 沉积更多,导致中心性肥胖表型。Ghoch 等^[31]的研究结果也证实,虽然女性 AN 患者体重恢复后出现中心性肥胖表型,但不会影响 AN 患者的精神病理学或心理困扰等特征。对女性 AN 患者体重恢复前后进行 DXA 体成分分析,结果还发现 FM 是 LM 恢复的决定性因素,即基线 FM 越高, LM 的恢复越高^[30]。对于女性, AN 的另一个重要体征为闭经,最新研究结果显示,DXA 测量的体脂率与 BMI 同样能够预测月经的恢复,从而评估治疗的效果^[32]。

3.2 肥胖症

有研究报道极低热量的生酮(very low calorie ketogenic, VLCK)饮食是一种营养干预方法,该方法是通过限制碳水化合物、脂肪以及蛋白质的摄入来模拟禁食,是一种管理体重很有效的方法^[34-35]。Gomez-Arbelaez 等^[36]对 20 例接受 4 个月 VLCK 饮食干预的肥胖患者进行 DXA 体成分分析,发现肥胖患者体重减轻、FM 减少、内脏脂肪组织显著减少、LM 没有改变。最新研究结果发现,VLCK 饮食治疗时,与短期体重恢复相关的静息代谢率不变,这表明一定的 LM 可维持静息代谢率不变,VLCK 饮食疗法具有长期的减肥效果^[37]。传统的减重手术在减少 FM 时也会减少 LM^[38],而 VLCK 饮食疗法主要使区域和总体的 FM 分布更健康,不影

响 LM。因此, DXA 体成分分析可作为辅助工具, 用来评估减肥的效果。

3.3 库欣综合征

库欣综合征(cushing's syndrome, CS)患者的身体成分会发生典型变化, 脂肪重新分布导致内脏脂肪组织积聚, 增加心血管事件的发生风险^[39]。采用 DXA 分析 23 例 CS 患者(14 例经蝶窦或腹部手术治疗后缓解, 9 例经药物治疗后缓解)的身体成分变化, 结果发现, 皮质醇增多症缓解后, 患者全身和躯干 FM 减少, 身体成分与健康对照组相似, 且通过手术缓解的 CS 患者身体成分恢复更快^[40]。因此, DXA 体成分分析可评估接受不同治疗方案的 CS 患者体脂成分变化, 从而评估治疗效果。

4 小结及展望

综上所述, DXA 体成分分析在临床疾病中的应用十分广泛, 涉及了临床医学、基础医学和公共卫生与预防医学等学科, 主要研究各种疾病导致的身体成分变化, 以及这些变化与疾病的发生和发展间的关系, 为临床疾病的预防、诊断、治疗及风险评估提供参考。总之, 随着 DXA 体成分分析技术的使用及推广, DXA 体成分分析在临床疾病中的应用具有很大的潜能。未来可推广 DXA 体成分分析应用于健康者以评估其健康状况、患病风险及指导预防措施等。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展, 不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 郑玲玲负责文献的搜集、整理和综述的撰写; 周雨菁负责综述的指导; 刘兴党负责命题的提出、设计以及综述的审阅、修订。

参 考 文 献

- [1] Laskey MA. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition[J]. *Nutrition*, 1996, 12(1): 45-51. DOI: 10.1016/0899-9007(95)00017-8.
- [2] Andreoli A, Garaci F, Cafarelli FP, et al. Body composition in clinical practice[J]. *Eur J Radiol*, 2016, 85(8): 1461-1468. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.02.005.
- [3] Petak S, Barbu CG, Yu EW, et al. The official positions of the international society for clinical densitometry: body composition analysis reporting[J]. *J Clin Densitom*, 2013, 16(4): 508-519. DOI: 10.1016/j.jocd.2013.08.018.
- [4] Wells JCK, Shirley MK. Body composition and the monitoring of non-communicable chronic disease risk[J/OL]. *Glob Health Epidemiol Genom*, 2016, 1: e18[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5870426>. DOI: 10.1017/gheg.2016.9.
- [5] Sotunde OF, Kruger HS, Wright HH, et al. Lean mass appears to be more strongly associated with bone health than fat mass in urban black south african women[J]. *J Nutr Health Aging*, 2015, 19(6): 628-636. DOI: 10.1007/s12603-015-0492-1.
- [6] 蔡思清, 颜丽笙, 李毅中, 等. 人体瘦组织对骨密度的影响[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2018, (1): 37-39. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.01.009.
- Cai SQ, Yan LS, Li YZ, et al. The effect of body lean mass on bone mineral density[J]. *Chin J Osteoporos*, 2018, (1): 37-39. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.01.009.
- [7] Marin-Mio RV, Moreira LDF, Camargo M, et al. Lean mass as a determinant of bone mineral density of proximal femur in postmenopausal women[J]. *Arch Endocrinol Metab*, 2018, 62(4): 431-437. DOI: 10.20945/2359-3997000000059.
- [8] Ilesanmi-Oyelere BL, Coad J, Roy N, et al. Lean body mass in the prediction of bone mineral density in postmenopausal women[J]. *Biores Open Access*, 2018, 7(1): 150-158. DOI: 10.1089/biores.2018.0025.
- [9] Kang EK, Park HW, Baek S, et al. The association between trunk body composition and spinal bone mineral density in korean males versus females: a farmers' cohort for agricultural work-related musculoskeletal disorders (FARM) study[J]. *J Korean Med Sci*, 2016, 31(10): 1595-1603. DOI: 10.3346/jkms.2016.31.10.1595.
- [10] Hengel RL, Watts NB, Lennox JL. Benign symmetric lipomatosis associated with protease inhibitors[J]. *Lancet*, 1997, 350(9091): 1596. DOI: 10.1016/s0140-6736(05)64011-1.
- [11] Grenha I, Oliveira J, Lau E, et al. HIV-infected patients with and without lipodystrophy under combined antiretroviral therapy: evaluation of body composition[J]. *J Clin Densitom*, 2018, 21(1): 75-82. DOI: 10.1016/j.jocd.2016.07.010.
- [12] Beraldo RA, Santos APD, Guimarães MP, et al. Body fat redistribution and changes in lipid and glucose metabolism in people living with HIV/AIDS[J]. *Rev Bras Epidemiol*, 2017, 20(3): 526-536. DOI: 10.1590/1980-5497201700030014.
- [13] Barceló C, Guidi M, Thorball CW, et al. Impact of genetic and nongenetic factors on body mass index and waist-hip ratio change in HIV-infected individuals initiating antiretroviral therapy [J/OL]. *Open Forum Infect Dis*, 2020, 7(1): ofz464[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6974740>. DOI: 10.1093/ofid/ofz464.
- [14] Aurpibul L, Namwongprom S, Sudjaritruk T, et al. Metabolic syndrome, biochemical markers, and body composition in youth living with perinatal HIV infection on antiretroviral treatment[J/OL]. *PLoS One*, 2020, 15(3): e230707[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7105120>. DOI:

- 10.1371/journal.pone.0230707
- [15] Kumar S, Samaras K. The impact of weight gain during HIV treatment on risk of pre-diabetes, diabetes mellitus, cardiovascular disease, and mortality[J/OL]. *Front Endocrinol(Lausanne)*, 2018, 9: 705[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6277792>. DOI: 10.3389/fendo.2018.00705.
- [16] Freitas P, Carvalho D, Santos AC, et al. Central/peripheral fat mass ratio is associated with increased risk of hypertension in HIV-infected patients[J]. *J Clin Hypertens(Greenwich)*, 2012, 14(9): 593–600. DOI: 10.1111/j.1751-7176.2012.00671.x.
- [17] Heshka S, Ruggiero A, Bray GA, et al. Altered body composition in type 2 diabetes mellitus[J]. *Int J Obes(Lond)*, 2008, 32(5): 780–787. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803802.
- [18] Wang S, Wang ZX, Chen CH, et al. Contribution of epicardial and abdominopelvic visceral adipose tissues in chinese adults with impaired glucose regulation and diabetes[J]. *Acta Diabetol*, 2019, 56(9): 1061–1071. DOI: 10.1007/s00592-019-01348-z.
- [19] Gupta P, Lanca C, Gan ATL, et al. The association between body composition using dual energy X-ray absorptiometry and type-2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of observational studies[J/OL]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 12634[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6718404>. DOI: 10.1038/s41598-019-49162-5.
- [20] Larsen BA, Wassel CL, Kritchevsky SB, et al. Association of muscle mass, area, and strength with incident diabetes in older adults: the health ABC study[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2016, 101(4): 1847–1855. DOI: 10.1210/jc.2015-3643.
- [21] Rohan TE, Heo MH, Choi L, et al. Body fat and breast cancer risk in postmenopausal women: a longitudinal study[J]. *J Cancer Epidemiol*, 2013, 2013: 754815. DOI: 10.1155/2013/754815.
- [22] Godinho-Mota JCM, Gonçalves LV, Soares LR, et al. Abdominal adiposity and physical inactivity are positively associated with breast cancer: a case-control study[J/OL]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 4783710[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6077523>. DOI: 10.1155/2018/4783710.
- [23] Liang YJ, Hou DQ, Zhao XY, et al. Childhood obesity affects adult metabolic syndrome and diabetes[J]. *Endocrine*, 2015, 50(1): 87–92. DOI: 10.1007/s12020-015-0560-7.
- [24] Vanderwall C, Eickhoff J, Clark RR, et al. BMI z-score in obese children is a poor predictor of adiposity changes over time[J/OL]. *BMC Pediatr*, 2018, 18(1): 187[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5992682>. DOI: 10.1186/s12887-018-1160-5.
- [25] Vanderwall C, Clark RR, Eickhoff J, et al. BMI is a poor predictor of adiposity in young overweight and obese children[J/OL]. *BMC Pediatr*, 2017, 17(1): 135[2019-05-07]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5457636>. DOI: 10.1186/s12887-017-0891-z.
- [26] Freitas P, Santos AC, Carvalho D, et al. Fat mass ratio: an objective tool to define lipodystrophy in HIV-infected patients under antiretroviral therapy[J]. *J Clin Densitom*, 2010, 13(2): 197–203. DOI: 10.1016/j.jocd.2010.01.005.
- [27] Nogueira ABB, Abreu JM, Villela MM, et al. Fat mass ratio in brazilian HIV-infected patients under antiretroviral therapy and its relationship with anthropometric measurements[J]. *J Clin Densitom*, 2020, 23(4): 623–629. DOI: 10.1016/j.jocd.2018.07.013.
- [28] Chew-Harris JSC, Florkowski CM, Elmslie JL, et al. Lean mass modulates glomerular filtration rate in males of normal and extreme body composition[J]. *Intern Med J*, 2014, 44(8): 749–756. DOI: 10.1111/imj.12479.
- [29] Zhou YN, Hellberg M, Svensson P, et al. Sarcopenia and relationships between muscle mass, measured glomerular filtration rate and physical function in patients with chronic kidney disease stages 3–5[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2017, 33(2): 342–348. DOI: 10.1093/ndt/gfw466.
- [30] Ghoch ME, Pourhassan M, Milanese C, et al. Changes in lean and skeletal muscle body mass in adult females with anorexia nervosa before and after weight restoration[J]. *Clin Nutr*, 2017, 36(1): 170–178. DOI: 10.1016/j.clnu.2015.10.006.
- [31] Ghoch ME, Milanese C, Calugi S, et al. Body composition, eating disorder psychopathology, and psychological distress in anorexia nervosa: a longitudinal study[J]. *Am J Clin Nutr*, 2014, 99(4): 771–778. DOI: 10.3945/ajcn.113.078816.
- [32] Winkler LA-D, Frølich JS, Schulpen M, et al. Body composition and menstrual status in adults with a history of anorexia nervosa: at what fat percentage is the menstrual cycle restored?[J]. *Int J Eat Disord*, 2017, 50(4): 370–377. DOI: 10.1002/eat.22600.
- [33] Hübel C, Yilmaz Z, Schaumberg KE, et al. Body composition in anorexia nervosa: meta-analysis and meta-regression of cross-sectional and longitudinal studies[J]. *Int J Eat Disord*, 2019, 52(11): 1205–1223. DOI: 10.1002/eat.23158.
- [34] Moreno B, Crujeiras AB, Bellido D, et al. Obesity treatment by very low-calorie-ketogenic diet at two years: reduction in visceral fat and on the burden of disease[J]. *Endocrine*, 2016, 54(3): 681–690. DOI: 10.1007/s12020-016-1050-2.
- [35] Casanueva FF, Castellana M, Bellido D, et al. Ketogenic diets as treatment of obesity and type 2 diabetes mellitus[J]. *Rev Endocr Metab Disord*, 2020, 21(3): 381–397. DOI: 10.1007/s11154-020-09580-7.
- [36] Gomez-Arbelaez D, Bellido D, Castro AI, et al. Body composition changes after very-low-calorie-ketogenic diet in obesity evaluated by 3 standardized methods[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2017, 102(2): 488–498. DOI: 10.1210/jc.2016-2385.
- [37] Gomez-Arbelaez D, Crujeiras AB, Castro AI, et al. Resting metabolic rate of obese patients under very low calorie ketogenic diet[J/OL]. *Nutr Metab (Lond)*, 2018, 15: 18[2019-05-07]. <https://>

www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5816424. DOI: 10.1186/s12986-018-0249-z.

[38] Maïmoun L, Lefebvre P, Jausse A, et al. Body composition changes in the first month after sleeve gastrectomy based on gender and anatomic site[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2017, 13(5): 780-787. DOI: 10.1016/j.soard.2017.01.017.

[39] Ferràù F, Korbonits M. Metabolic syndrome in cushing's

syndrome patients[J]. *Front Horm Res*, 2018, 49: 85-103. DOI: 10.1159/000486002.

[40] Ceccato F, Boccato M, Zilio M, et al. Body composition is different after surgical or pharmacological remission of cushing's syndrome: a prospective DXA study[J]. *Horm Metab Res*, 2017, 49(9): 660-666. DOI: 10.1055/s-0043-115008.

(收稿日期: 2019-05-08)

《国际放射医学核医学杂志》第六届编辑委员会成员名单

顾问	柴之芳	程天民	樊飞跃	刘昌孝	潘自强	詹启敏	张永学			
总编辑	樊赛军									
副总编辑	黄钢	李宝生	李方	李思进	李亚明	刘强	孙全富	谭建	王军平	王铁
	赵军									
编辑委员	(含总编辑、副总编辑)									
	蔡露(美国)	陈明	陈文新	陈跃	程震	邓大平	董秀玥	樊赛军	樊卫	
	方纬	冯彦林	傅志超	高再荣	顾永清	官键	韩星敏	何玲	贺小红	胡步荣
	黄钢	贾强	姜炜	金顺子	鞠永健	兰晓莉	李宝生	李彪	李方	李剑明
	李洁清	李林	李林法	李思进	李险峰	李小东	李亚明	李幼忱	梁琰	林岩松
	刘鉴峰	刘建军	刘建香	刘强	刘兴党	刘玉龙	龙鼎新	吕玉民	吕中伟	马云川
	缪蔚冰	邵春林	沈婕	沈强(美国)	石峰	石洪成	宋娜玲	宋少莉	孙全富	
	谭建	唐亚梅	王冰(日本)	王春祥	王凡	王海潮(美国)	王辉	王军平	王志芳	
	王平	王全师	王铁	王雪梅	王跃涛	王云华	王振光	吴华	吴李君	武志芳
	肖国有	徐白莹	徐浩	徐文贵	徐志勇	阎紫宸(中国台湾)		杨国仁	杨辉	
	杨吉刚	杨卫东	杨志	姚稚明	于丽娟	查金顺	章英剑	章真	张宏	张锦明
	张舒羽	张遵城	赵长久	赵晋华	赵军	赵路军	赵新明	郑飞波	周美娟	周平坤
	周宗政	朱朝晖	朱茂祥	朱小华	左长京	Hiroshi Toyama(日本)				
	Hongming Zhuang(美国)	Li shuren(奥地利)								
通讯编委	边艳珠	卜丽红	陈薇	陈志军	程兵	程祝忠	戴东	邓智勇	董华	董孟杰
	段东	冯学民	傅鹏	付鹏	付巍	管樑	何玉林	何之彦	黄建敏	黄琦
	霍力	金刚	康飞	李百龙	李贵平	李素平	李昕	梁婷	林端瑜	林志春
	刘斌	刘雪辉	龙再颖	卢洁	陆克义	罗全勇	马超	孟召伟	穆晓峰	农天雷
	秦永德	史文杰	宋其韬	苏新辉	孙凯	谭丽玲	王攀	王任飞	王伟	王雪鹃
	王玉君	王治国	韦智晓	吴彩兰	吴巍	夏伟	徐荣	徐文清	徐颖	杨爱民
	杨忠毅	姚树展	尹雅芙	于海鹏	余飞	袁耿彪	袁建伟	岳殿超	章斌	张春银
	张金赫	张金山	张凯秀	张一帆	张照辉	赵倩	郑红宾	朱高红	朱国英	朱玉春
	周友俊	邹仲敏	左传涛							

(以上按姓氏汉语拼音排序)