·论　　著·
(减重代谢外科专题)

# 基于生物电阻抗法减重手术早期身体成分变化的研究

嵇光年，朱传荣，王绍闯，周玲玲，董秀勋，吴金声
南京医科大学附属淮安第一医院普通外科，江苏 淮安 223300

［摘要］ **目的**　探讨减重手术后早期病人身体成分变化，从而制定营养及治疗方案。**方法**　回顾性分析2019年3月至2022年4月于南京医科大学附属淮安第一医院接受腹腔镜胃袖状切除术（laparoscopic sleeve gastrectomy，LSG）的106例病人。手术前及随访病人利用生物电阻抗法检测人体成分指标、肥胖指标、肌肉指标、水分指标及营养指标。**结果**　106例病人均成功实施LSG，女性66例（62.3%），男性40例（37.7%），年龄（28.4±7.2）岁。于术后1个月、3个月、6个月及12个月完成随访的病人分别有85例（80.2%）、72例（67.9%）、65例（61.3%）、60例（56.6%）。人体成分指标：体重、身体总水分、蛋白质、无机盐、体脂肪、肌肉量及去脂体重较术前下降；体重及体脂肪不断下降，分别由术前（108.6±20.5）kg及（49.8±12.8）kg下降至术后12个月时的（72.4±14.7）kg及（20.1±5.7）kg。肥胖指标：体重指数、体脂百分比、腰臀比、内脏脂肪面积、肥胖度、四肢及躯干脂肪均呈进行性下降；术后12个月时，体重指数由术前的（38.6±5.9）kg/m²下降至（26.2±4.6）kg/m²，体脂百分比由术前的（45.4±5.2）%下降至（26.9±6.2）%，内脏脂肪面积由术前的（173±46）cm²下降至（78±32）cm²。肌肉指标：骨骼肌质量、上臂围度、上臂肌肉围度、双上肢及躯干节段肌肉量在术后6个月内不同程度降低；双下肢节段肌肉量在术后1个月即下降至稳定。水分指标：细胞内水分及细胞外水分减少，细胞外水分比率在术后3个月升高。营养指标：InBody评分在术后3个月及6个月均较前一随访时间点升高，身体细胞量在3个月内呈现下降趋势。**结论**　减重手术后身体成分获得改变，可为体重控制、肌肉增减、营养平衡等提供一定的科学依据。

［关键词］ 减重手术；生物电阻抗；身体成分
［中图分类号］R656　［文献标识码］A　**DOI**：10.3969/j.issn.1003-5591.2024.05.006

**Changes of body composition in an early stage after bariatric surgery through bioelectrical resistance analysis**

*Ji Guangnian*, *Zhu Chuanrong*, *Wang Shaochuang*, *Zhou Lingling*, *Dong Xiuxun*, *Wu Jinsheng*
*Department of General Surgery*, *Affiliated Huaian No. 1 People's Hospital*, *Nanjing Medical University*, *Jiangsu Huai'an* 223300, *China*
*Corresponding author*: *Wu Jinsheng*, *Email*: *wujinsheng*1989@126.*com*

［**Abstract**］ **Objective**　To explore the changes of body composition in an early stage after bariatric surgery to formulate the nutrition and treatment plan. **Methods**　From March 2019 to April 2022, retrospective analysis was performed for 106 patients undergoing laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG). Bioelectrical resistance analysis (BIA) was utilized for detecting body composition, obesity, muscle, water and nutritional parameters pre-operation and during follow-ups. **Results**　LSG was all successfully performed. There were 40 (37.7%) males and 66 (62.3%) females with an average age of (28.4±7.2) year. 85 patients (80.2%), 72(67.9%), 65(61.3%) and 60(56.6%) were followed up

基金项目：淮安市自然科学研究计划（HABL202237）
作者简介：嵇光年，博士，主要从事减重代谢外科方面的研究，Email：jiguangnian@126.com
通信作者：吴金声，Email：wujinsheng1989@126.com

at Month 1/3/6/12. Body weight, total body water (TBW), protein, minerals, body fat mass (BFM), soft lean mass and fat-free mass declined post-operation. Body weight and BFM dropped from (108.6±20.5) and (49.8±12.8) to (72.4±14.7) and (20.1±5.7) kg at Month 12 post-operation. Body mass index (BMI), percent body fat (PBF), waist-hip ratio, visceral fat area (VFA), obesity degree and BFM of limbs/trunk showed a progressive decline. At Month 12 post-operation, BMI decreased from (38.6±5.9) to (26.2±4.6) kg/m², PBF dropped from (45.4±5.2)% to (26.9±6.2)% and VFA declined from (173±46) to (78±32) cm². Skeletal muscle mass, arm circumference, arm muscle circumference, muscle mass of upper limbs and trunk decreased in different degrees at Month 6 post-operation. Muscle mass of lower limbs decreased and stabilized at Month 1 post-operation. Intracellular water and extracellular water (ECW) declined while ECW/TBW rose at Month 3 post-operation. InBody score increased at Month 3 and 6 post-operation than that of the previous follow-up time point and body cell mass showed a lowering trend at Month 3 post-operation. **Conclusion** Body composition changes after bariatric surgery. Thus it may provide scientific rationales for weight control, muscle gain/loss and nutrition balance.

[**Key words**] Bariatric surgery; Bioelectrical resistance analysis; Body composition

肥胖及其并发症已经成为当今威胁人类健康的全球性问题。肥胖是导致2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)、高血压、心脑血管疾病、睡眠呼吸暂停、心理障碍甚至癌症的主要风险因素[1]。减重手术现被普遍认为是治疗肥胖及其相关代谢性疾病的一种安全且长期有效的方法[2-3]。减重手术后,病人在体重减轻的同时,身体成分也发生变化,尤其在术后早期。除了体脂肪不断减少,去脂体重、肌肉量、蛋白质、无机盐等身体成分也常下降[4-6]。术后这些参数降低,可能与身体机能降低、营养不良密切相关,同时也是肌肉质量减少的直接或间接征象[7]。据报道,由于蛋白质能量不足,术后可导致多达12%的肌肉损失[8],影响代谢、免疫功能和血糖稳态的调节,出现疲劳和运动功能减退,降低生活质量[9]。这些无脂身体成分的缺乏应尽早发现和纠正,以避免术后不良反应的发生,而防止肌肉过度分解的措施是摄入足够的蛋白质(至少1.05 g/kg)及术后尽早进行规律的体育锻炼[10]。

目前,临床上用于身体成分测量的方法有双能X线吸收法(dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)、磁共振成像法、空气置换体积测定法、同位素稀释法以及生物电阻抗法(bioelectrical resistance analysis, BIA)[11]。DXA测量人体成分的精确度和准确度较高,常作为身体成分测定的标准方法[12]。但是,由于其设备昂贵、使用技术难度高并且存在一定的放射性,不适合普通人群的长期随访和自我监测。BIA是通过人体水分、脂肪组织以及非脂肪组织等不同身体成分的导电差异性进行测量的[13]。该种方法具有方便、快捷、低成本、可重复等特点,且在评估身体成分方面和DXA具有一致性[14],越来越多地作为机体成分的评估方法被应用于临床。因此,本研究在减重手术前及术后早期利用BIA对病人身体成分进行监测,以此为基础,不仅能更好地评估手术效果,而且可以在未来为病人量身定制营养建议、物理治疗方案以及准确的药物剂量,以保持健康的减重状态。

## 资料与方法

一、研究对象

回顾性选取2019年3月至2022年4月于南京医科大学附属淮安第一医院接受腹腔镜胃袖状切除术(laparoscopic sleeve gastrectomy, LSG)病人。根据中国肥胖及T2DM外科治疗指南[3],纳入标准:(1)体重指数(body mass index, BMI)≥32.5 kg/m²。(2)27.5 kg/m²≤BMI<32.5 kg/m²,经改变生活方式和内科治疗难以控制,且至少符合2项代谢综合征组分,或存在合并症。代谢综合征组分包括:高甘油三酯(空腹≥1.70 mmol/L);低高密度脂蛋白胆固醇(男性空腹<1.03 mmol/L,女性空腹<1.29 mmol/L);高血压(动脉收缩压≥130 mmHg或动脉舒张压≥85 mmHg)。合并症包括糖代谢异常及胰岛素抵抗、阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征、非酒精性脂肪性肝炎、内分泌功能异常、高尿酸血症、男性性功能异常、多囊卵巢综合征、变形性关节炎、肾功能异常等。(3)T2DM病程≤15年,且胰岛仍存有一定的胰岛素分泌功能,空腹血清C肽≥正常值下限的1/2。(4)年龄为16~65岁。排除标准:(1)诊断为1型糖尿病;(2)有乙醇或药物依赖者;(3)有严重胃肠道疾病;(4)智力障碍或智力不成熟;(5)对手术预期不符合实际者;(6)不能配合术后饮食及生活习惯的改变,依从性差者;(7)难以耐受全身麻醉或手术者;(8)术后完全失访病人。所有病人术

前均充分沟通并签署知情同意书，本研究临床数据收集经淮安市第一人民医院伦理委员会批准（批件号：JS-2022-002-01）。

二、指标检测

使用生物电阻抗分析仪（InBody 720，拜斯倍斯有限公司）进行身体成分分析。病人测试前24 h内不喝酒，不做剧烈运动，夜间禁食，第2天早晨排空大小便，保持空腹安静状态，穿着简单衣物，赤脚站在仪器上接触脚电极，双手握住手电极。评估前校准生物阻抗仪，测试前用酒精清洗所有电极。

收集分析以下参数，人体成分指标：体重、身体总水分、蛋白质、无机盐、体脂肪、肌肉量、去脂体重；肥胖指标：BMI、体脂百分比、腰臀比、内脏脂肪面积、肥胖度、四肢及躯干脂肪；肌肉指标：骨骼肌质量、上臂围度、上臂肌肉围度、基础代谢率、四肢及躯干节段肌肉量及其与标准体重占比；水分指标：细胞内外水分及全身、躯干、四肢细胞外水分比率；营养情况指标：InBody评分及身体细胞量。

三、手术方式

LSG简要操作流程[15]：腹腔镜“四孔法”操作，紧贴胃大弯分离大网膜，一直向上直至His角，完全游离胃底和胃大弯。经口置入36 F胃管做胃内支撑，距幽门2～6 cm处向上切割，完全切除胃底和胃大弯，保留贲门。最终形成约60～80 mL的袖状胃，退出支撑胃管，胃切缘行连续加固缝合。

四、术后管理

病人手术当天禁食并鼓励早期下床活动。术后第1天开始试饮水，术后第1～4周清流质饮食，术后第5～6周流质饮食，术后第7～12周半流质及软食，术后第12周以上低热量均衡饮食。每日摄入水分≥2 000 mL，摄入足够蛋白量60～80 g/d。长期补充足量的多种维生素与微量元素，定期监测微量元素水平。尽量减少碳水化合物与脂肪的摄入。

五、统计学方法

采用SPSS（19.0版）统计软件对数据进行分析。计量资料采用$\bar{x}\pm s$表示，因有随访缺失，采用配对样本$t$检验进行分析。检验水准$\alpha=0.05$。

## 结　果

一、一般资料

本研究共纳入106例病人，女性66例（62.3%），男性40例（37.7%），年龄（28.4±7.2）岁。106例病人均成功实施LSG，手术时间为（78.7±12.1）min，出血量为（28.1±9.2）mL，均未发生严重并发症，并顺利出院。于术后1个月、3个月、6个月、12个月完成随访的病人分别有85例（80.2%）、72例（67.9%）、65例（61.3%）、60例（56.6%）。因随访缺失，术后第3个月与第1个月比较时，纳入67例；术后第6个月与第3个月比较时，纳入55例；术后第12个月与第6个月比较时，纳入48例。

二、人体成分分析

手术前后人体成分指标变化见表1。病人在术后1、3、6、12个月时，体重、身体总水分、蛋白质、无机盐、体脂肪、肌肉量（身体总水分＋蛋白质＋无机盐的骨外含量）及去脂体重等指标均较术前有所下降，体重及体脂肪指标不断下降，术后12个月时下降至（72.4±14.7）kg及（20.1±5.7）kg，其余指标仅在术后1个月时下降，随后保持稳定。

三、肥胖分析

手术前后肥胖指标变化见表2。BMI、体脂百分比、腰臀比、内脏脂肪面积、肥胖度、四肢及躯干脂肪均呈现持续下降趋势，且差异均有统计学意义（均$P<0.05$）。术后12个月时，BMI下降至（26.2±4.6）kg/m$^2$，体脂百分比下降至（26.9±6.2）%，内脏脂肪面积下降至（78±32）cm$^2$。

四、肌肉分析

手术前后肌肉指标变化见表3。骨骼肌质量在3个月内不断减少，上臂围度及上臂肌肉围度在6个月内不断减少。基础代谢率仅在术后1个月时有所下降。双上肢及躯干肌肉量在6个月内下降，但其

**表1**　腹腔镜胃袖状切除术手术前后人体成分变化（$\bar{x}\pm s$）

| 人体成分指标 | 术前（106例） | 术后1个月（85例） | 术后3个月（72例） | 术后6个月（65例） | 术后12个月（60例） |
|---|---|---|---|---|---|
| 体重（kg） | 108.6±20.5 | 94.5±17.3[a] | 88.2±15.8[ab] | 78.1±16.4[ac] | 72.4±14.7[ad] |
| 身体总水分（L） | 43.2±7.7 | 40.0±8.1[a] | 40.0±7.9[a] | 40.2±7.7[a] | 40.1±8.0[a] |
| 蛋白质（kg） | 11.6±2.0 | 10.6±2.2[a] | 10.6±2.1[a] | 10.5±1.8[a] | 10.4±2.4[a] |
| 无机盐（kg） | 4.0±0.7 | 3.8±0.8[a] | 3.8±0.8[a] | 3.7±0.7[a] | 3.7±0.8[a] |
| 体脂肪（kg） | 49.8±12.8 | 39.9±10.3[a] | 33.8±9.7[ab] | 24.2±6.5[ac] | 20.1±5.7[ad] |
| 肌肉量（kg） | 55.5±9.8 | 51.3±10.4[a] | 51.3±10.1[a] | 50.8±10.1[a] | 49.7±10.4[a] |
| 去脂体重（kg） | 58.8±10.4 | 54.5±11.0[a] | 54.4±10.8[a] | 53.9±9.8[a] | 52.3±11.1[a] |

注：与术前比较，[a]$P<0.05$；与术后1个月比较，[b]$P<0.05$；与术后3个月比较，[c]$P<0.05$；与术后6个月比较，[d]$P<0.05$。

**表2**　腹腔镜胃袖状切除术手术前后肥胖指标变化($\bar{x}\pm s$)

| 肥胖指标 | 术前(106例) | 术后1个月(85例) | 术后3个月(72例) | 术后6个月(65例) | 术后12个月(60例) |
|---|---|---|---|---|---|
| 体重指数(kg/m$^2$) | 38.6±5.9 | 33.1±4.2$^{a}$ | 31.0±3.5$^{ab}$ | 27.2±4.9$^{ac}$ | 26.2±4.6$^{ad}$ |
| 体脂百分比(%) | 45.4±5.2 | 42.1±6.5$^{a}$ | 38.1±7.1$^{ab}$ | 33.2±6.3$^{ac}$ | 26.9±6.2$^{ad}$ |
| 腰臀比 | 0.97±0.06 | 0.92±0.05$^{a}$ | 0.90±0.04$^{ab}$ | 0.88±0.06$^{ac}$ | 0.86±0.05$^{ad}$ |
| 内脏脂肪面积(cm$^2$) | 173±46 | 139±37$^{a}$ | 109±34$^{ab}$ | 84±29$^{ac}$ | 78±32$^{ad}$ |
| 肥胖度(%) | 181±27 | 155±19$^{a}$ | 146±17$^{ab}$ | 128±16$^{ac}$ | 123±18$^{ad}$ |
| 右上肢脂肪(kg) | 5.0±2.6 | 3.7±1.6$^{a}$ | 2.8±1.4$^{ab}$ | 2.0±1.6$^{ac}$ | 1.5±0.9$^{ad}$ |
| 左上肢脂肪(kg) | 5.0±2.6 | 3.7±1.6$^{a}$ | 2.8±1.3$^{ab}$ | 2.0±1.5$^{ac}$ | 1.5±0.9$^{ad}$ |
| 躯干脂肪(kg) | 22.8±4.1 | 19.6±4.4$^{a}$ | 16.7±4.4$^{ab}$ | 13.5±3.9$^{ac}$ | 11.2±4.9$^{ad}$ |
| 右下肢脂肪(kg) | 6.9±1.7 | 5.9±1.5$^{a}$ | 5.0±1.3$^{ab}$ | 4.0±1.2$^{ac}$ | 3.2±1.1$^{ad}$ |
| 左下肢脂肪(kg) | 6.9±1.8 | 5.7±1.4$^{a}$ | 4.9±1.2$^{ab}$ | 4.0±1.1$^{ac}$ | 3.2±1.2$^{ad}$ |

注：与术前比较，$^{a}P<0.05$；与术后1个月比较，$^{b}P<0.05$；与术后3个月比较，$^{c}P<0.05$；与术后6个月比较，$^{d}P<0.05$。

较标准体重占比在术后1个月即下降至稳定。双下肢肌肉量在术后1个月即下降至稳定，其较标准体重占比在术后3个月时较术后1个月有所上升。

五、水分分析

手术前后水分指标变化见表4。身体总水分在术后1个月下降至稳定(表1)，其中细胞内水分在术后3个月下降至稳定，细胞外水分在术后1个月下降至稳定。术后1个月，全身、躯干、双下肢细胞外水分比率在升高，双上肢细胞外水分比率变化差异无统计学意义。术后3个月，全身、躯干及四肢细胞外水分比率较术前及术后1个月，均呈现上升趋势，随后保持稳定。

六、营养分析

手术前后营养情况变化见表5。InBody评分在术后1个月无明显改变，但在术后3个月及6个月，均较前一随访时间点升高。身体细胞量在3个月内呈现下降趋势。

## 讨　论

本研究从人体成分、肥胖、肌肉、水分及全身营养情况等5个方面对接受减重代谢手术的病人进行早期评估。研究发现，几乎所有观测指标均较术前有所下降，且部分指标在12个月内呈现进行性下降趋势，如BMI、体脂百分比、腰臀比、内脏脂肪面积、肥胖度、四肢及躯干脂肪，仅细胞外水分比率、InBody评分等指标较术前升高。

DXA是采用X线探测身体成分，其测量范围广、速度快、准确度高，在临床和科研工作中，被认

**表3**　腹腔镜胃袖状切除术手术前后肌肉指标变化($\bar{x}\pm s$)

| 肌肉分析 | 术前(106例) | 术后1个月(85例) | 术后3个月(72例) | 术后6个月(65例) | 术后12个月(60例) |
|---|---|---|---|---|---|
| 骨骼肌质量(kg) | 32.9±6.1 | 30.1±6.5$^{a}$ | 29.9±6.3$^{ab}$ | 29.5±5.9$^{a}$ | 29.0±6.0$^{a}$ |
| 上臂围度(cm) | 42.2±6.4 | 36.9±3.6$^{a}$ | 34.7±3.4$^{ab}$ | 31.3±3.9$^{ac}$ | 30.2±3.1$^{a}$ |
| 上臂肌肉围度(cm) | 33.6±4.8 | 29.8±2.7$^{a}$ | 28.7±2.3$^{ab}$ | 26.6±2.2$^{ac}$ | 25.7±2.6$^{a}$ |
| 基础代谢率(kJ) | 6 862±937 | 6 473±996$^{a}$ | 6 464±975$^{a}$ | 6 418±912$^{a}$ | 6 067±1 017$^{a}$ |
| 右上肢 | | | | | |
| 　节段肌肉量(kg) | 3.4±0.7 | 3.1±0.8$^{a}$ | 3.0±0.8$^{ab}$ | 2.8±0.7$^{ac}$ | 2.8±0.9$^{a}$ |
| 　较标准体重占比(%) | 131.4±11.6 | 119.1±8.9$^{a}$ | 122.9±11.2$^{a}$ | 118.9±15.1$^{a}$ | 117.7±13.3$^{a}$ |
| 左上肢 | | | | | |
| 　节段肌肉量(kg) | 3.4±0.7 | 3.1±0.8$^{a}$ | 3.0±0.7$^{ab}$ | 2.8±0.8$^{a}$ | 2.7±0.9$^{a}$ |
| 　较标准体重占比(%) | 131.0±12.2 | 118.1±9.4$^{a}$ | 122.0±12.2$^{a}$ | 118.5±14.2$^{a}$ | 117.3±12.4$^{a}$ |
| 躯干 | | | | | |
| 　节段肌肉量(kg) | 27.1±4.5 | 24.8±4.7$^{a}$ | 24.3±4.5$^{ab}$ | 22.9±4.2$^{ac}$ | 22.3±4.5$^{a}$ |
| 　较标准体重占比(%) | 103.2±5.0 | 98.0±4.7$^{a}$ | 98.8±4.2$^{a}$ | 97.6±6.0$^{a}$ | 96.7±5.2$^{a}$ |
| 右下肢 | | | | | |
| 　节段肌肉量(kg) | 9.2±1.7 | 8.7±1.8$^{a}$ | 8.7±1.7$^{a}$ | 8.5±1.5$^{a}$ | 8.4±1.9$^{a}$ |
| 　较标准体重占比(%) | 99.3±6.0 | 97.3±6.1$^{a}$ | 101.5±7.2$^{ab}$ | 98.8±5.9 | 99.2±6.3 |
| 左下肢 | | | | | |
| 　节段肌肉量(kg) | 9.1±1.7 | 8.6±1.8$^{a}$ | 8.6±1.7$^{a}$ | 8.5±1.6$^{a}$ | 8.3±1.8$^{a}$ |
| 　较标准体重占比(%) | 98.5±6.1 | 96.8±6.0$^{a}$ | 100.7±7.2$^{b}$ | 98.1±5.6 | 98.7±6.7 |

注：与术前比较，$^{a}P<0.05$；与术后1个月比较，$^{b}P<0.05$；与术后3个月比较，$^{c}P<0.05$；与术后6个月比较，$^{d}P<0.05$。

**表 4**　腹腔镜胃袖状切除术手术前后水分指标变化（$\bar{x}\pm s$）

| 水分分析 | 术前（106 例） | 术后 1 个月（85 例） | 术后 3 个月（72 例） | 术后 6 个月（65 例） | 术后 12 个月（60 例） |
|---|---|---|---|---|---|
| 细胞内水分（L） | 26.8±4.7 | 24.6±5.0[a] | 24.5±4.8[ab] | 24.5±4.7[a] | 24.4±5.2[a] |
| 细胞外水分（L） | 16.4±3.0 | 15.4±3.1[a] | 15.5±3.1[a] | 15.4±3.4[a] | 15.2±3.0[a] |
| 细胞外水分比率 | | | | | |
| 全身 | 0.381±0.007 | 0.384±0.007[a] | 0.388±0.006[ab] | 0.389±0.007[a] | 0.388±0.008[a] |
| 右上肢 | 0.381±0.007 | 0.382±0.007 | 0.385±0.006[ab] | 0.384±0.005[a] | 0.385±0.006[a] |
| 左上肢 | 0.381±0.005 | 0.382±0.005 | 0.385±0.003[ab] | 0.385±0.005[a] | 0.384±0.006[a] |
| 躯干 | 0.381±0.005 | 0.386±0.006[a] | 0.390±0.008[ab] | 0.389±0.007[a] | 0.388±0.009[a] |
| 右下肢 | 0.380±0.008 | 0.387±0.007[a] | 0.389±0.007[ab] | 0.390±0.009[a] | 0.388±0.010[a] |
| 左下肢 | 0.383±0.009 | 0.388±0.008[a] | 0.392±0.007[ab] | 0.392±0.008[a] | 0.393±0.009[a] |

注：与术前比较，[a]$P<0.05$；与术后 1 个月比较，[b]$P<0.05$。

**表 5**　腹腔镜胃袖状切除术手术前后营养情况变化（$\bar{x}\pm s$）

| 时间 | InBody 评分 | 身体细胞量（kg） |
|---|---|---|
| 术前（106 例） | 57.4±10.0 | 38.4±6.8 |
| 术后 1 个月（85 例） | 59.8±9.4 | 35.3±7.2[a] |
| 术后 3 个月（72 例） | 66.9±8.1[ab] | 34.5±6.9[ab] |
| 术后 6 个月（65 例） | 70.1±8.0[ac] | 33.5±7.8[a] |
| 术后 12 个月（60 例） | 72.7±9.6[a] | 32.7±8.0[a] |

注：与术前比较，[a]$P<0.05$；与术后 1 个月比较，[b]$P<0.05$；与术后 3 个月比较，[c]$P<0.05$。

为是评估身体成分的“金标准”[16]，但 DXA 设备体积大，操作要求高，只适用于医院及某些固定场所。BIA 是在人体通入无伤害微电流的情况下，可根据人体不同成分获得阻抗值，从而间接推算出人体各成分的含量，具有无创伤、无放射性、操作简便等优点[17]。InBody 720 人体成分分析仪就是应用 BIA 进行人体成分分析，能相对准确地测量出人体水分、蛋白质、矿物质、肌肉、脂肪等含量[18]。

国内外已有诸多研究证实了 BIA 和 DXA 在测量体脂肪、去脂体重、肌肉量等人体成分时具有显著相关性和一致性[14,19-20]。BIA 可替代复杂、昂贵的影像学办法，应用于人群身体成分的日常监测，并对肥胖及相关疾病进行预防和保健。但有研究表明，与双能 X 射线吸收法相比，生物电阻抗法低估了身体脂肪含量和体脂率，高估了去脂体重[19]。Achamrah 等[21]研究表明，与 DXA 相比，BIA 低估了 2.5～5.7 kg 脂肪含量，高估了 3.4～8.3 kg 去脂体重。本研究中，通过 BIA 评估病人手术前后身体成分改变，形成自身比较，其较 DXA 测量差异影响较小。

病人人体成分指标，身体总水分、蛋白质、无机盐、肌肉量、去脂体重等在术后下降，1 个月即达到平衡，没有继续下降趋势。由于脂肪含量持续消耗，体重、体脂肪以及肥胖相关指标均呈现良好的持续下降趋势。基础代谢率在术后 1 个月达到平衡可能与肌肉含量降至稳定水平有关。骨骼肌质量及部分节段肌肉量在术后 3 个月内呈现进行性下降趋势，骨骼肌通过收缩帮助人体完成身体活动和体育活动，直接影响人体的力量和耐力。骨骼肌在血糖的利用方面作用极其重要，骨骼肌缺乏将导致糖尿病人长期感觉疲乏，并且造成高血糖[22]。补充足量的优质蛋白可以促进肌肉的生长，进而促进基础代谢率的提升。

评价肌肉的参数在临床领域备受关注，被应用在很多营养不良的诊断标准中[23]。BIA 使用四室模型，将人体分为蛋白质、体水分、无机盐和体脂肪，InBody 报告纸中的肌肉量为蛋白质、体水分、骨外无机盐之和。肌肉均衡可以准确地显示出身体的具体部分拥有多少肌肉，通过对四肢及躯干节段的肌肉分析可以有针对性地评价肌肉变化或纠正肌肉发展不平衡的问题。本研究中，上肢及躯干节段肌肉量在 3～6 个月内呈进行性下降，下肢仅下降至术后 1 个月。不同部位减脂的难易程度不同，从易到难分别是：躯干、上肢、下肢，这也可能是双下肢节段肌肉量相比于躯干和双上肢未呈进行性下降的原因。同时，下肢活动多于上肢及躯干，运动对于肌肉减少也有一定的抑制作用。躯干及四肢节段肌肉量较标准体重占比，在术后 1 个月下降，继而又在术后 3 个月上升，可见肌肉量下降速度呈现先快后慢，最后趋于稳定的状态。上臂肌肉围度表示手臂去脂肌肉围度，能够最快反映出一个人的营养状况，是有效且简单的营养不良筛查工具，特别适用于卧床而无法进行身高体重测量的人群。因此，在术后营养管理中，可以适当增加蛋白质摄入和运动，从而尽可能维持机体肌肉量。

在身体水分指标方面，细胞外水分比率呈现上升趋势，其正常范围为 0.36～0.39，水是人体内环境的重要组成部分，细胞外水和细胞内水在人体中

呈比率的分布以及水平衡，有利于机体良好的生命状态的维持，细胞外水分比率偏高意味着营养不良、低肌肉型肥胖、久站或久蹲等。虽然InBody评分逐渐增加，但6个月内的InBody评分≤70，表示瘦肉型、肥胖型，仍需要锻炼和饮食控制。身体细胞量是新型营养参数，反映机体细胞总的重量，当出现低值时，通常会出现营养不良的相关不良反应，如对疾病的抵抗和耐受。

本研究的局限性在于样本量较小，且是回顾性研究；术后随访时间短，且随访不完整，失访率较高。因此，需要进行更大规模的前瞻性研究，增长随访时间，才能对身体成分变化进行更加准确地评估。

减重术后进行身体成分检测可为体重控制、肌肉增减、营养平衡等提供一定的科学依据，使医生和病人清楚地了解到身体成分各项指标的变化，掌握身体健康状况，从而更加有效地改善饮食结构以及制定运动计划，最终确保科学健康减重。

**利益冲突**　所有作者均声明不存在利益冲突

## 参　考　文　献


[1] Feren A, Torheim LE, Lillegaard ITL. Development of a nutrition knowledge questionnaire for obese adults[J]. Food Nutr Res, 2011, 55: 55. DOI: 10.3402/fnr.v55i0.7271.

[2] Kang JH, Le Q. Effectiveness of bariatric surgical procedures: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Medicine, 2017, 96(46): e8632. DOI: 10.1097/MD.0000000000008632.

[3] 中华医学会外科学分会甲状腺及代谢外科学组，中国医师协会外科医师分会肥胖和糖尿病外科医师委员会. 中国肥胖及2型糖尿病外科治疗指南(2019版)[J]. 中国实用外科杂志, 2019, 39(4): 301-306. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2019.04.01.

[4] Alba DL, Wu L, Cawthon PM, et al. Changes in lean mass, absolute and relative muscle strength, and physical performance after gastric bypass surgery[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2019, 104(3): 711-720. DOI: 10.1210/jc.2018-00952.

[5] Vassilev G, Hasenberg T, Krammer J, et al. The phase angle of the bioelectrical impedance analysis as predictor of post-bariatric weight loss outcome[J]. Obes Surg, 2017, 27(3): 665-669. DOI: 10.1007/s11695-016-2315-9.

[6] 粟晗，朱利勇，杨湘武，等. 糖尿病患者体脂指标间相关性及回归分析研究[J]. 腹腔镜外科杂志, 2016, 21(1): 15-18. DOI: 10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2016.01.015.

[7] Steele T, Cuthbertson DJ, Wilding JPH. Impact of bariatric surgery on physical functioning in obese adults[J]. Obes Rev, 2015, 16(3): 248-258. DOI: 10.1111/obr.12247.

[8] Schollenberger AE, Karschin J, Meile T, et al. Impact of protein supplementation after bariatric surgery: a randomized controlled double-blind pilot study[J]. Nutrition, 2016, 32(2): 186-192. DOI: 10.1016/j.nut.2015.08.005.

[9] Vaurs C, Diméglio C, Charras L, et al. Determinants of changes in muscle mass after bariatric surgery[J]. Diabetes Metab, 2015, 41(5): 416-421. DOI: 10.1016/j.diabet.2015.04.003.

[10] Faria SL, Kelly E, Faria OP. Energy expenditure and weight regain in patients submitted to Roux-en-Y gastric bypass[J]. Obes Surg, 2009, 19(7): 856-859. DOI: 10.1007/s11695-009-9842-6.

[11] 杨猛，朱长真，于健春，等. 人体成分测量方法及其临床应用[J]. 中华临床营养杂志, 2015, 23(2): 125-130. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-635X.2015.02.012.

[12] Andreoli A, Scalzo G, Masala S, et al. Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)[J]. Radiol Med, 2009, 114(2): 286-300. DOI: 10.1007/s11547-009-0369-7.

[13] 达静静，彭红英，林鑫，等. 应用生物电阻抗评估血液透析患者静息能量代谢及相关因素分析[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(12): 912-916. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.12.007.

[14] Faria SL, Faria OP, Cardeal MDA, et al. Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients[J]. Obes Surg, 2014, 24(9): 1476-1480. DOI: 10.1007/s11695-014-1190-5.

[15] 嵇光年，朱利勇，李鹏洲，等. 代谢手术治疗BMI为27.5～32.5 kg/m$^2$的2型糖尿病患者的临床疗效[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2018, 25(3): 271-275. DOI: 10.7507/1007-9424.201712102.

[16] 孙蕴，张琦，马兆坤，等. 女中学生全身骨密度与肌肉、脂肪的相关性分析[J]. 中国妇幼保健, 2017, 32(15): 3446-3448. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2017.15.17.

[17] Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, et al. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body[J]. Am J Clin Nutr, 1985, 41(4): 810-817. DOI: 10.1093/ajcn/41.4.810.

[18] 茬飞霸，尹军，颜乐先，等. 基于生物电阻抗法的人体成分测量系统的研究与评价[J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 31(2): 4833-4838. DOI: 10.3969/j.issn.1005-202X.2014.02.026.

[19] 沈丽萍，段一凡，孙旭，等. 生物电阻抗法和双能X射线吸收法测定健康成人体成分的对比研究[J]. 中国食物与营养, 2021, 27(10): 59-64. DOI: 10.19870/j.cnki.11-3716/ts.20210616.001.

[20] Ling CHY, de Craen AJM, Slagboom PE, et al. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population[J]. Clin Nutr, 2011, 30(5): 610-615. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.04.001.

[21] Achamrah N, Colange G, Delay J, et al. Comparison of body composition assessment by DXA and BIA according to the body mass index: a retrospective study on 3655 measures[J]. PLoS One, 2018, 13(7): e0200465. DOI: 10.1371/journal.pone.0200465.

[22] Low S, Goh KS, Ng TP, et al. Decline in skeletal muscle mass is associated with cognitive decline in type 2 diabetes mellitus[J]. J Diabetes Complications, 2022, 36(9): 108258. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2022.108258.

[23] 张力川，王玉洁，庄冰，等. 三种营养不良诊断标准在头颈部恶性肿瘤放疗病人中的应用研究[J]. 肠外与肠内营养, 2021, 28(1): 25-29. DOI: 10.16151/j.1007-810x.2021.01.006.


(收稿日期：2023-11-03)