

不同运动模式训练对糖调节受损 老年人胰岛素敏感性和体能的影响^①

吴 毅

四川外国语大学 重庆南方翻译学院, 重庆 401120

摘要: 为了筛选出能够有效改善糖调节受损(IGR)老年人胰岛素敏感性和提升肌力、心肺耐力、平衡和步态表现的运动方案, 招募75名IGR老年人, 进行胰岛素敏感性、糖代谢、下肢肌力、耐力、平衡和行走能力等测试, 然后进行随机分组, 将受试者分为肌力训练组(M组)、心肺耐力训练组(C组)、平衡训练组(B组), 按照每组训练方案进行为期12周的训练, 各组训练皆以3~4人团体进行运动, 每次30~40 min, 每周4次, 总共48次训练, 在最后一次训练干预结束后3 d内进行后测, 项目与前测一致。结果: C组和M组对于糖调节受损人群的空腹血糖、胰岛素、胰岛素抵抗指数均取得显著改善作用($p < 0.05$), 而平衡训练组虽具有一定改善, 但差异无统计学意义($p > 0.05$)。各组髋屈曲肌、膝屈曲肌、踝跖屈肌和踝背屈肌肌力均有显著增加($p < 0.05$)。M组和C组的受试者的心肺耐力方面取得了显著改善。采用肌力训练和心肺耐力训练方案的老年人6 min行走测试后测结果显著优于接受平衡训练的老年人($p < 0.05$)。M组、C组、B组受试者平衡能力均取得显著进步, 且C组在串联行走测试的结果显著优于M组和B组($p < 0.05$); 心肺耐力训练组经过12周训练, 行走速度、行走步频、步幅均显著增加($p < 0.05$); 肌力训练组和平衡训练组经过12周训练, 行走速度、步频、步幅没有显著变化($p > 0.05$), 且心肺耐力训练组显著高于肌力训练组和平衡训练组($p < 0.05$)。得出心肺耐力训练后糖调节受损人群的胰岛素敏感性、下肢肌力、心肺耐力、平衡能力和行走能力等得到显著改善, 肌力训练和平衡训练对下肢肌力、平衡能力有一定促进作用。

关键词: 糖调节受损; 老年人; 胰岛素敏感性; 肌力; 平衡

中图分类号: G804.5

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)08-0083-09

我国人口年龄结构问题已经是较严重的社会问题, 庞大的老年人群对国家医疗卫生支出形成了较大压力。其中慢性疾病和意外伤害是导致老年人健康问题的两大诱因^[1]。但慢性疾病和意外伤害与肿瘤等恶性疾病相比能够通过自身努力得到较好的防范。大多数的慢性疾病和意外伤害来自于机体老化, 所谓老化是指机体由强健坚实的状态产生功能减退的过程, 老化具有伤害性, 老化导致机体的生理机能出现下降, 导致发病率和死亡率增加^[2]。但老化还具备可干扰性, 老化本是机体内在自发的过程, 但外部因素的干预能够加速或延缓其过程。随着机体的老化, 即使是健康的老年人也会出现肌力衰退、平衡能力下降、步速变慢、步长缩短等现象。这些变化虽然不会直接导致疾病, 但是会导致老年人日常生活的困难度增加, 速度变慢, 更有甚者可能增加老年人跌倒的风险, 引起意外伤害。因此, 找到减缓老化的有效措施, 能够降低意外伤害发生的机率。Kwak等研究发现, 30岁后若不进行体能训练, 下肢肌力以每年0.75%~1.05%的速度下降, 55岁后退化速度还将加剧, 而通过规律的运动能够有效降低衰退速度^[3]。规律运动被认为最能有

^① 收稿日期: 2018-05-17

作者简介: 吴毅(1978-), 男, 讲师, 主要从事运动训练的研究。

效且广泛地影响生理功能、降低疾病发生率、维持心理健康,并产生较好的社会融合。规律运动也是能突破基因及个体差异,有效地减缓因老化伴随而来的身体功能衰退的一种生活方式。近期有流行病学研究显示老年人肌力、平衡能力退化与机体糖调节受损(impaired glucose regulation, IGR)具有相关关系,大部分 IGR 老年人肌力、平衡能力下降速度超过正常老年人。糖调节受损是指机体空腹血糖在正常人糖值与糖尿病者糖值间的一种中间状态^[4]。糖调节受损又被称为糖尿病的前期,是由正常人到糖尿病发病的发展阶段。该状态能够保持、能够恢复正常、也能发展为糖尿病。有研究表明在 IGR 阶段通过有效运动干预,能够显著降低 IGR 转化为糖尿病的机率。但目前适用于 IGR 阶段人群的具体运动干预方案或处方尚不成熟。美国运动医学会(American College of Sports and Medicine, ACSM)提出的老年人运动处方指南中指出最常作为老年人运动干预的运动模式,分别为肌力/阻力运动、心肺耐力/有氧运动和平衡运动^[5]。目前 IGR 人群不仅有发展为糖尿病的高危风险,也有运动系统老化的忧虑^[6]。本研究希望通过利用 12 周实验干预找出能够有效改善老年 IGR 人群的胰岛素敏感性和提升肌力、心肺耐力、平衡和步态表现的运动方案。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究于 2017 年 6—10 月在重庆市人民医院糖尿病专科门诊通过问卷调查和相关检查进行资料筛选,筛选出糖调节受损高风险人群,共 75 人(男性:41 人,女性:34 人)参与本实验,由于本实验采用双盲法进行实验,故在实验前实验组织者对参与本实验的受试者讲解实验流程、实验潜在风险、实验注意事项,并未言明实验目的、分组。所有受试者填写健康调查表、身体活动量调查表、签实验知情同意书。

1.1.1 准入标准

所有受试者年龄大于 60 岁,在满足该条件下,符合以下 2 项条件其中 1 项者,纳入本实验认为的候选受试者:1)在 30 d 内医院诊断为糖耐量受损,6 mmol/L<空腹血糖<7 mmol/L,并且尚未处于治疗阶段;2)至少满足以下条件中的 2 项:① BMI≥25 kg/m² 且腰围大于 92 cm;② 145 mmHg<收缩压<150 mmHg,85 mmHg<舒张压<110 mmHg;③ 有家族糖尿病史(近亲中有 2 人以上患有糖尿病)。通过调查和筛选共有 401 位门诊患者为 IGR 高危人群纳入实验候选范围,进入排除筛选阶段。

1.1.2 排除标准

凡满足以下所有条件者即成为本研究受试者:1)葡萄糖耐量测试(OGTT)后 2 h 血糖低于 7.8 mmol/L;2)无心脏疾病;3)无肝肾类疾病;4)没有运动员经历和保持运动习惯;5)半年内无运动系统损伤。经过筛选共有 242 名门诊患者满足条件,纳入受试者备选范围。

1.1.3 实验分组与完成情况

经过与患者、主治医生、患者家属的沟通,最终确定 75 名受试者参与本次实验。将受试者随机分为心肺耐力训练组(cardiopulmonary function, C 组 $n=25$)、肌力训练组(muscle strength, M 组, $n=25$)、平衡训练组(balanced capacity, B 组, $n=25$),受试者具体情况如表 1。

表 1 受试者分组及完成情况表

组别	人数/人	年龄	性别(男/女)	完成人数/人	BMI/(kg·cm ⁻²)
C 组	25	63.23±2.54	13/12	24	25.86±0.78
M 组	25	62.78±1.90	14/11	23	25.78±1.03
B 组	25	63.02±2.05	14/11	25	26.01±0.98

注:C 组为心肺耐力训练组,M 组为肌力训练组,B 组为平衡训练组。

本研究 75 位受试者中,心肺耐力训练组中 1 人在实验过程中因流行性感冒退出,肌力训练组 1 人因血压升高退出,1 人因多次缺席训练退出。

1.2 实验方法

1.2.1 研究流程

本研究设计为中样本双盲随机分配实验，实验组织者对受试者均未言明实验目的、分组、设计。所有受试者均不知晓正接受肌力运动、心肺耐力运动或平衡能力的训练，实验操作和评估的工作人员也不清楚受试者分组及实验目的。实验组织者在研究前对受试者说明实验流程、注意事项、预期效果、潜在风险，受试者签署同意书。实验操作和评估的工作人员对 75 名受试者进行基本数据统计，在实验开始前 72 h 进行前测(胰岛素敏感性、糖代谢、下肢肌力、耐力、平衡和行走能力)，后进行随机分组，将受试者分为肌力训练组(M 组)、心肺耐力训练组(C 组)、平衡训练组(B 组)，按照每组训练方案进行为期 12 周的训练，各组训练皆以 3~4 人团体进行运动，每次 30~40 min，每周 4 次，总共 48 次训练，在最后一次训练干预结束后 3 d 内进行后测，项目与前测一致。

1.2.2 分组干预方案

详细分组干预方案见表 2。

表 2 分组干预方案

组别	热身部分	主体部分	放松部分	备注	干预次数
心肺耐力训练	时长：3~5 min 内容：有氧操、关节拉伸	时长：25~30 min 内容：登阶、踏步、室内快走、有氧舞蹈或是一些团体游戏等，同时搭配上肢动作进行。	时长：5 min 慢步缓行全身性伸拉动作	主体部分运动强度为中等强度运动，目标将自觉用力系数维持在 13~14 范围内。	48
肌力训练	时长：3~5 min 内容：有氧操、关节拉伸	时长：25~30 min 内容：髋、膝、踝关节附近大肌肉进行肌力训练，动作内容包含：髋屈、髋伸、髋外展、膝屈、膝伸、踝屈、踝伸和蹲马步等，阻力负荷采用负重沙袋或制定磅数弹力训练带进行施加。	时长：5 min 内容：全身性伸拉动作	主体训练部分先采用低强度(50% 1RM)动作重复 10 次，再以高强度(75% 1RM)动作重复 10 次。	48
平衡训练	时长：3~5 min 内容：有氧操、关节拉伸	时长：25~30 min 内容：静态训练包含：站立于不同材质的平面上和不同支撑底面积上、单脚站、向不同方向伸手取物等；动态训练包含：走直线、侧走、倒退行走、8 字行走等。	时长：5 min 内容：全身性伸拉动作	主体部分运动强度为中等强度运动，目标将自觉用力系数维持在 13~14 范围内。	48

1.2.3 样本采集与检测项目

1) 血样采集：血液生化指标检测分析：抽血前 1 d 22 点开始禁水禁食，次日早上 8~10 点进行采血，采血均由职业护士执行，抽取上臂静脉血，抽取的血液装至血清真空采管中(7 mL)，静放 30 min 后，使用高速离心机(4 000 r/min, 1 500 g)离心处理 20 min，使用微量吸管吸取上层血清液装至 Microtube 中，再放入零下 80 ℃ 的冰箱冷冻保存。

2) 糖代谢指标：利用空腹血样，使用上海 SIGMA-ALDRICH 生产的试剂盒利用酶联免疫分析 ELISA 法检测空腹胰岛素水平(fasting serum insulin, *FINS*)、葡萄糖氧化酶法测定空腹血糖浓度(fasting blood glucose, *FBG*)；胰岛素敏感性：采用稳态模型分析法(homeostasis model assessment, *HOMA*)计算胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment insulin resistance, *HOMA-IR*)，计算公式： $HOMA-IR = FINS(\text{Mu/L}) \times FBG(\text{mmol/L}) / 22.5$ ，式中 *FINS* 为空腹血清胰岛素浓度，*FBG* 为空腹血糖浓度。

3) 下肢肌力：利用美国产的 hogan3 型手持便携肌力检测仪对受试者左右两侧下肢肌肉的最大等长收缩力量进行测量。请受试者做出 3 次最大力量的等长收缩，每次收缩时间 5 s，每次收缩间隔时间为 5~

10 s, 避免肌肉过度疲惫. 各肌肉测试方式、姿势如表 3.

表 3 肌力测试方案

测试项目	测试方案
髋伸肌力 髋屈肌力	平躺于治疗床, 下肢髋关节和膝关节皆弯曲呈 90°角, 并根据受试者股骨长度将跳箱放于适当位置, 将跳箱放在大腿和墙间, 以固定带固定于两侧前上肠骨脊及小腿前侧, 以减少测量时因使用到不当肌群而造成测量误差. 手握肌力测试仪的传感器置于跳箱及大腿后侧末端间, 以测量髋伸直肌的最大等长收缩肌力值. 测量髋屈曲肌的最大等长收缩肌力时, 另置一固定带固定大腿于跳箱上, 传感器则置于大腿前侧末段与固定带间做测量.
膝伸肌力 膝屈肌力	测试者坐于有靠背的椅子上, 下肢髋关节和膝关节皆弯曲呈 90°角, 并于大腿上方及小腿前侧以固定带固定, 手握肌力测试仪传感器置于小腿前侧末端与小腿前侧的固定带间, 以测量膝伸直肌的肌力值. 膝屈曲肌的测试采用卧姿于治疗床上, 膝关节弯曲约为 75°角, 骨盆及大腿以固定带固定, 传感器置于小腿后侧末端以测量膝屈曲肌的肌力值.
踝跖屈肌 踝背屈肌	测试姿势为平躺于治疗床上, 下肢髋关节和膝关节完全伸直, 足踝则置于正中姿势, 并以固定带固定于两侧前上肠骨脊及小腿末端前侧, 手握肌力测试仪传感器置于足底跖趾关节以测量踝跖屈肌的肌力值. 测量踝背屈肌做最大等长收缩的肌力时, 将传感器置于跖趾关节背侧上以测量踝背屈肌的肌力值.

注: 所有测试受试者做出 3 次最大力量的等长收缩.

4) 耐力

本研究利用 6min 行走测试作为耐力指标. 该测试能够充分反映老年人日常活动耐力, 操作简单且有较好信效度. 评估场地为一 30 m 的长廊, 让受试者以最快的速度来回行走于长廊, 过程中受试者若有需要, 可靠墙休息, 休息后再继续行走. 施测者则计算受试者 6 min 总绕行的距离.

5) 平衡能力

本研究利用法国产 IMMOVE 多功能平衡评估训练仪进行平衡能力测试, 评估由串联行走测试(tandem walk)和感觉整合测试(sensory organization test)组成. 在串联行走测试中, 受试者以双脚纵排方式站在测试板上, 以第 2 步的脚跟抵着第 1 步的足尖方式连续行走至测试版终点, 并于终点时停止, 保持站立数秒钟, 在此过程中测量受试者行走时的步宽、速度和停止时身体重心晃动的程度等.

感觉整合测试共有 6 个项目, 第 1—3 项测试受试者在稳定平面执行, 第 1 项场景为睁眼, 第 2 项场景为闭眼, 第 3 项场景中视觉为前后摆动; 4—6 项测试中的足部支撑面会产生晃动, 第 4 个场景为睁眼, 第 5 个场景为闭眼, 第 6 个场景为睁眼的情况下同时视觉环境亦产生晃动, 并以 6 项测试结果的平均分数来反映受试者的姿势控制能力.

6) 行走能力

本研究利用美国产 GAITR-ite 步态测试仪进行步态评估. 步态测试步道长 5 m, 宽 1.2 m, 步道底部平均分布 15 000 个三维压力传感器. 受试者以一般行走速度重复行走于步行测试仪上 3 次, 系统将记录每次的行走速度、步频及步幅, 并将 3 次行走测试测得的平均值用以代表此受试者行走速度、步频及步幅. 此研究使用功能性步态评估量表作为日常活动相关的行走能力测验, 来反映老年人功能性行走能力. 通过常速行走、快速行走、慢速行走、跨越障碍物、狭窄区域行走、闭目行走、背向行走和上下台阶, 按照动作要求进行动作, 每个动作 0—5 分, 0 分表示不能完成动作, 5 分表示能够完整且标准地完成测试内容, 总分 40 分, 分数越低表示存在有较严重的行走失能问题.

1.3 数理统计分析

本研究利用 SPSS16.0 进行统计学分析, 本研究所有数值以 $\bar{x} \pm s$ 表达. 利用描述性分析统计前测和受试者基本信息, 利用 Wilcoxon rank sum test 比较连续变量, 利用 chi-square test 进行名义变量分析. 组内比较利用 Wilcoxon rank sum test 分析 3 个不同运动组各变量运动前后的组内差异. 组间比较以改变量进

行分析，改变量计算方式为训练后评估结果减去训练前评估结果，3 组比较采用 Kruskal-Wallis test，利用 Wilcoxon rank sum test 进行事后检验，显著水平为 $p<0.05$ 。

2 结 果

2.1 糖代谢与胰岛素结果

表 4 显示：1)在 *FBG* 方面，C 组和 M 组的后测结果均显著低于前测结果($p<0.05$)，C 组和 M 组的后测结果均显著低于 B 组($p<0.05$)，C 组后测结果显著低于 M 组($p<0.05$)。2)*FINS* 方面，C 组和 M 组的后测结果均显著低于前测($p<0.05$)，C 组和 M 组的后测结果均显著低于 B 组($p<0.05$)，C 组后测结果显著低于 M 组($p<0.05$)。3)*HOMA-IR* 方面，C 组、M 组和 B 组的后测结果均显著低于前测($p<0.05$)，C 组的后测结果显著低于 M 组($p<0.05$)。

表 4 胰岛素敏感性测试结果

	C 组		M 组		B 组	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测
<i>FBG</i> /(mmol·L ⁻¹)	6.81±0.59	6.01±0.34 [*]	6.88±0.35	6.53±0.71 ^{*#}	6.79±0.41	6.85±0.67 ^{#&}
<i>FINS</i> /(MU·L ⁻¹)	34.61±5.20	26.80±6.61 [*]	34.11±4.79	30.22±5.19 ^{*#}	33.32±4.21	34.34±5.83 ^{#&}
<i>HOMA-IR</i>	10.48±0.45	8.12±0.21 [*]	10.45±0.42	9.24±0.19 ^{*#}	10.45±0.42	9.30±0.19 [*]

注：* 表示与前测比较，差异有统计学意义($p<0.05$)；# 表示与 C 组比较，差异有统计学意义($p<0.05$)；& 表示与 M 组比较，差异有统计学意义($p<0.05$)。

2.2 下肢肌力测试结果

表 5 显示：下肢肌力方面，心肺耐力训练组和肌力训练组经过 12 周训练，髋屈肌力、膝屈肌力、踝屈肌力、髋伸肌力、踝背肌力均有显著增加($p<0.05$)。平衡训练组方面，髋伸肌力、膝屈肌力、踝背肌力、踝屈肌力均有显著增加($p<0.05$)，组间后测差异无统计学意义($p>0.05$)。

表 5 下肢肌力测试结果

	C 组		M 组		B 组	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测
髋屈肌力	131.56±33.56	168.45±45.35 [*]	127.90±40.56	168.05±32.67 [*]	128.90±29.87	165.67±22.09
髋伸肌力	105.23±19.56	162.78±32.90 [*]	103.35±31.91	164.09±19.05 [*]	105.23±33.56	133.23±29.45 [*]
膝屈肌力	72.67±13.67	79.23±17.23 [*]	69.89±12.20	81.35±16.35 [*]	70.56±14.65	79.35±13.39 [*]
膝伸肌力	62.56±12.23	68.32±10.45	63.52±9.32	70.78±10.56	61.35±11.25	67.21±12.90
踝屈肌力	73.24±15.93	82.56±11.67 [*]	71.57±11.57	81.31±13.32 [*]	73.03±14.43	78.34±14.45 [*]
踝背肌力	75.67±18.98	81.52±12.90 [*]	73.35±12.55	83.82±11.34 [*]	74.98±10.49	79.45±15.03 [*]

注：* 表示与前测比较，差异有统计学意义($p<0.05$)。

2.3 耐力与平衡能力测试结果

表 6 显示：1)在代表耐力的 6 min 行走测试方面，肌力训练组和心肺耐力训练组经过 12 周训练后显著提升($p<0.05$)；但是平衡训练组经过 12 周训练没有取得显著提升。组间比较发现肌力训练组和心肺耐力训练组比平衡训练组在耐力方面的提升效果更为显著($p<0.05$)。

2)在平衡能力方面，串联行走测试的分析结果显示，心肺耐力训练组经过 12 周训练，速度显著提升($p<0.05$)；肌力训练组和平衡训练组经过 12 周训练后速度没有显著变化($p>0.05$)；串联行走测试方面，心肺耐力训练组比肌力训练组和平衡训练组呈现较大的进步效果。感觉整合测试方面，肌力训练组、心肺耐力训练组和平衡训练组经过 12 周训练后均取得显著改善($p<0.05$)，但组间差异无统计学意义($p>0.05$)。

2.4 行走能力测试结果

表 7 显示：1)心肺耐力训练组经过 12 周训练，行走速度、行走步频、步幅均显著增加($p<0.05$)；肌力

训练组和平衡训练组经过 12 周训练,行走速度、步频、步幅没有显著变化($p>0.05$),且心肺耐力训练组显著高于肌力训练组和平衡训练组($p<0.05$). 2)功能性步态评估量表方面,心肺耐力训练组、肌力训练组和平衡训练组经过 12 周训练均显著提升($p<0.05$),且组间差异无统计学意义($p>0.05$).

表 6 耐力测试与平衡能力结果

项目	C 组		M 组		B 组	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测
6 min 行走/m	526.67±93.45	596.8±80.51*	523.23±76.34	578.32±88.35*#	530.45±77.33	536.76±76.45#&
串联行走/cm	8.03±1.82	8.41±2.03*	8.14±2.21	7.93±1.82#	8.12±2.02	7.96±1.63#&
速度/(m·s ⁻¹)	17.25±1.98	25.56±3.56*	17.23±2.88	22.35±4.32	16.89±1.98	16.93±1.87
步晃动度/(°·s ⁻¹)	4.98±0.97	5.04±1.35	5.03±2.11	4.82±1.56	5.32±0.97	5.04±0.76
感觉整合测试	72.78±10.56	81.35±13.78*	74.21±6.34	79.32±9.56*	73.35±11.13	80.53±15.09*

注: * 表示与前测相比,差异有统计学意义($p<0.05$); # 表示与 C 组相比,差异有统计学意义($p<0.05$); & 表示与 M 组相比,差异有统计学意义($p<0.05$).

表 7 行走能力测试结果

项目	C 组		M 组		B 组	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测
行走速度/(cm·s ⁻¹)	116.79±25.34	134.67±29.45*	117.34±23.67	120.67±22.78#	115.35±28.67	115.56±22.78#
行走步频(步/分)	117.89±27.67	127.56±3.67*	118.56±19.56	121.45±23.47#	118.98±21.09	119.56±28.31#
行走步幅/cm	118.10±23.56	126.57±24.60*	118.23±25.67	120.57±24.90#	117.46±20.45	119.46±21.40#
功能性步态评估	27.45±1.67	31.35±2.02*	27.76±1.34	29.67±2.09*	27.89±1.76	29.04±1.83*

注: * 表示与前测相比,差异有统计学意义($p<0.05$); # 表示与 C 组相比,差异有统计学意义($p<0.05$); & 表示与 M 组相比,差异有统计学意义($p<0.05$).

3 讨 论

3.1 不同运动模式训练对糖调节受损老年人胰岛素敏感性的影响

本研究中,C 组和 M 组对于糖调节受损人群的空腹血糖、胰岛素、胰岛素抵抗指数均取得显著改善作用,而平衡训练组虽具有一定改善,但未达统计学意义,这与人研究结果相似. 黄相杰等研究发现糖尿病前期人群接受每周 3 次、持续 8 周的抗阻肌力训练,受试者血糖平均下降 0.2 mmol/L^[7]. 刘影等研究证实,中等负荷的抗阻肌力训练,可以缓解胰岛素抵抗现象^[8]. 齐洁研究认为进行为期 36 周规律的中强度有氧耐力运动,大部分糖耐量减低,受试者血糖恢复正常^[9]. Jackson 等研究发现每日持续 40~60 min 的强度耐力训练可以有效缓解糖尿病人胰岛素抵抗现象^[10]. 但是阳仁均等研究发现高强度肌力训练无助于糖尿病人血糖的降低^[11],高照等对糖耐量减低的人群进行较高强度耐力训练后也得出类似结论. 本研究心肺耐力训练组、肌力训练组、平衡训练组均为中低强度训练,按照先前研究,该强度为降低血糖、改善胰岛素敏感性的最合理强度^[12]. 先前研究指出肌力训练和心肺耐力训练能够改善糖代谢,增加能量消耗,通过运动系统进行耗能,消耗糖等能量物质并将其糖占能耗的比重提升 20%,也有研究认为,中低强度心肺耐力运动后,体内 IGF-1 的浓度会显著增加,IGF-1 与特异性受体结合后能够产生类似胰岛素的代谢效应,如促进葡萄糖摄取,增加糖酵解功能;加速肌糖原和肝糖原的合成,促进蛋白质和脂肪合成,同时抑制部分蛋白质分解^[2]. IGF-1 主要由肝脏合成,2 型糖尿病时体内 IGF-1 含量明显降低. Jackson 等研究证实,提升血液 IGF-1 浓度,能够改善胰岛素敏感性^[10],临床研究认为将 IGF-1 用于缓解 2 型糖尿病患者胰岛素抵抗力具有明显效用,同时能够预防和延缓糖尿病发展及其并发症的发生^[4]. GH 与 IGF-1 密切相关,GH 能够促进胰岛素的分泌和睾酮分泌量的增加,对于糖尿病前期患者胰岛素敏感性的改善和肌力的增加具有显著作用. 本研究中平衡训练组的胰岛素敏感性改善效果较小,这与其运动模式有关,主要是静力性动作,

身体活动幅度较小,非周期性,强度不足以刺激内分泌的变化。本研究认为改善糖调节受损人群的胰岛素应采用中强度心肺耐力训练或抗阻训练方案。

3.2 不同运动模式训练对糖调节受损老年人体能的影响

3.2.1 不同运动模式训练对糖调节受损老年人下肢肌力的影响

本研究中通过 12 周的不同方案训练后,各组髋屈曲肌、膝屈曲肌、踝跖屈肌和踝背屈肌肌力均有显著增加。有研究显示,健康老年人按照 1 次/周、2 次/周、3 次/周的频率进行肌力训练,经过 10 周,下肢肌力均能取得显著进步^[7]。本研究各组均采用 4 次/周的运动频率,所以本研究受试各组下肢肌力均取得显著进步。阮彩莲等研究显示无运动习惯老年人经过 20 周的心肺耐力性运动干预后,髋和膝的屈伸肌力均有所增加^[13]。本研究的心肺耐力训练组经过 12 周的运动干预,下肢肌力显著优于前测。Rusz 等研究中对年龄在 55~70 岁的中老年人进行平衡训练,发现受试者下肢肌力取得 7.8% 的增加^[14]。本研究的平衡运动干预方案与先前研究有所差异,虽然受试者下肢肌力方面较前测具有显著改善,但未能达到先前研究文献中 7.8% 的增幅。先前研究中平衡训练方案包含抗阻训练,故无法完全排除肌力训练的成效。

3.2.2 不同运动模式训练对糖调节受损老年人耐力的影响

本研究中通过 12 周的训练干预后,M 组和 C 组的受试者在心肺耐力方面取得显著改善。采用肌力训练和心肺耐力训练方案的老年人 6 min 行走测试后测结果显著优于接受平衡训练的老年人。Nozawa 等研究发现高龄老年人不论采用耐力还是肌力训练,经过 10 周后,6 min 行走测试结果均取得显著进步^[15]。本研究结果与其基本一致。但平衡训练对老年人心肺耐力刺激效果与先前研究结果存在较大差异。邹军等研究发现,采用 ACSM 建议的平衡能力训练方案发现无法提升 6 min 行走测试^[16];Jensen 等研究也认为老年人进行平衡训练无法提升心肺耐力,发现其对 6 min 行走测试的效果影响不一致^[17];Wilson 等研究显示 18 周平衡训练运动干预能够显著改善 6 min 行走测试结果^[18];本研究中接受平衡训练的老年人经过 12 周训练,对心肺耐力没有显著提升作用。本研究采用的训练方案是参考 ACSM 建议的老年人运动处方,训练内容主要为静态训练,虽然受试者为老年人,但是对受试者的心肺刺激达不到耐力提升的强度,所以本研究中平衡训练组心肺耐力没有显著提升。

3.2.3 不同运动模式训练对糖调节受损老年人平衡能力的影响

本研究中经过 12 周干预,M 组、C 组、B 组受试者平衡能力均取得显著进步,且 C 组在串联行走测试的结果显著优于 M 组和 B 组。本研究中接受平衡训练的老年人的平衡能力测试结果并不优于接受肌力和心肺耐力方案的老年人。本研究所采用的平衡评估项目能反映平衡训练组进行的动、静态平衡训练的成效,所有受试者在感觉整合测试均取得显著优化,感觉整合主要为评估视觉、体感觉与前庭觉在平衡中所扮演的角色^[19]。本研究收取的受试者皆为视觉、体感觉或前庭觉问题健康的老年人,经过 12 周运动训练后在此测试项目亦皆可观察到进步的成效。而在串联行走测试方面,只有心肺耐力训练组受试者获得显著的改善效果,纵排行走时除平衡能力外,需要依靠协调能力,而本研究所执行的耐力运动训练,采用台阶、踏步、快走或有氧舞蹈等动作配合音乐节奏进行训练,可能有助于提升其动作协调性和平衡性,因此能在串联行走测试中获得较好的成效。

3.2.4 不同运动模式训练对糖调节受损老年人行走能力的影响

本研究中经过 12 周干预,M 组、C 组、B 组受试者在功能性步态评估的结果均显著改善。心肺耐力训练组的行走速度、步幅的改善效果显著优于肌力训练组和平衡训练组。过去的文献指出,步行参数中的行走速度与老年人动作失能有很高的相关性,若老年人步行速度低于 0.8 m/s 即为病态性步行速度,而本研究受试者在训练前的平均步行速度均处于正常范围,心肺耐力训练组干预后可导致行走速度的增加,其原因可能为耐力训练干预内容中包含较多在步行场景中执行的动作^[20-21]。在功能性行走量表的分数方面,肌力训练组与平衡训练组皆有显著的增加,功能性步行能力的进步可能与下肢肌力、耐力和平衡能力的进步有关。

4 结 论

本研究对糖调节受损人群进行为期 12 周,每周 4 次,每次 30~40 min 的肌力训练、心肺耐力训练、平衡训练干预。心肺耐力训练后糖调节受损人群的胰岛素敏感性、下肢肌力、心肺耐力、平衡能力和行走能力等取得显著改善,肌力训练和平衡训练对下肢肌力、平衡能力有一定促进作用。心肺耐力训练效果优于肌力训练和平衡训练,建议糖调节受损人群在以改善胰岛素敏感性和身体活动能力为目的进行运动时,尽量选择心肺耐力训练。

参考文献:

- [1] 王正珍,王 艳. 有氧运动对糖尿病前期人群胰岛素敏感性的影响 [J]. 成都体育学院学报, 2013, 39(9): 1—8.
- [2] 谭思洁,郭 振,曹立全,等. 9—10 岁肥胖男童最大脂肪氧化强度运动减重处方的研究 [J]. 体育科学, 2016, 36(9): 36—39.
- [3] KWAK C J, KIM Y L, LEE S M. Effects of Elastic Band Resistance Exercise on Balance, Mobility and Gait Function, Flexibility and Fall Efficacy in Elderly People [J]. J Phys Ther Sci, 2016; 28(11): 3189—3196.
- [4] 杜 峰,方 莉,易 锋. 体育锻炼时长对苏南老年男性骨密度和平衡能力的影响 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2014, 20(6): 649—652.
- [5] SATO Y. The History and Future of KAATSU Training [J]. International Journal of KAATSU Training Research, 2005, 1(1): 1—5.
- [6] 张玲莉,闫 晓,邹 军. 运动训练与骨生长代谢的研究进展 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2013, 19(7): 761—765.
- [7] 黄相杰,毕晓英,姜红江. 绝经后骨质疏松症治疗的研究进展 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2010, 16(8): 602—605.
- [8] 刘 影,刘 涛,李 星. 振动训练对 2 型糖尿病大鼠肝脏 SREBP—1c 蛋白表达的影响 [J]. 现代预防医学, 2015, 42(8): 1468—1471.
- [9] 齐 洁. 游泳运动对高脂饮食大鼠胰岛素抵抗的影响及作用机制[D]. 扬州: 扬州大学, 2014.
- [10] JACKSON M J, MCARDLE A. Age-Related Changes in Skeletal Muscle Reactive Oxygen Species Generation and Adaptive Responses to Reactive Oxygen Species [J]. J Physiol (Lond), 2011, 589(9): 2139—2145.
- [11] 阳仁均,殷维瑶,李 华. 力竭运动性猝死模型大鼠运动皮质 Bax、Bcl-2 及脑源性神经营养因子的表达变化 [J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(49): 7377—7383.
- [12] 高 照,杨杏萍,张 援,等. 运动后氧化应激水平及合理补充抗氧化剂的科学评价方法 [J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(28): 4577—4584.
- [13] 阮彩莲,陈富强,刘志勇,等. 长期有氧运动对女性骨质疏松患者雌激素和骨质成分的影响 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2016, 22(2): 159—162.
- [14] RUSZ O, KAHAN Z. Bone Homeostasis and Breast Cancer: Implications for Complex Therapy and the Maintenance of Bone Integrity [J]. Pathol Oncol Res, 2013, 19(1): 1—10.
- [15] NOZAWA M, HARA I, MATSUYAMA H, et al. Significance of Baseline Bone Markers on Disease Progression and Survival in Hormonesensitive Prostate Cancer with Bone Metastasis [J]. World J Urol, 2015, 33(9): 1263—1268.
- [16] 邹 军,章 岚,任 弘,等. 运动防治骨质疏松专家共识 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2015, 21(11): 1291—1302, 1306.
- [17] JENSEN T W, HANSEN M S, HORSLEV-PETERSEN K, et al. Periarticular and Generalized Bone Loss in Patients with Early Rheumatoid Arthritis: Influence of Alendronate and Intra-Articular Glucocorticoid Treatment [J]. Ann Rheum Dis, 2014, 73(6): 1123—1129.
- [18] WILSON C, GOSSIEL F, LEONARD R, et al. Goserelin, as an Ovarian Protector During (neo) Adjuvant Breast Cancer Chemotherapy, Prevents Long Term Altered Bone Turnover [J]. J Bone Oncol, 2016, 5(1): 43—49.
- [19] YIN C M, PAN X H, SUN Y X, et al. Effects of Duration of Wearing High-Heeled Shoes on Plantar Pressure [J]. HumMovement Sci, 2016, 49: 196—205.
- [20] GLASSY C M, GLASSY M S, GUGGENHEIM C. Relationship Between Self-Reported High-Heeled Shoe Use and Bone Mineral Density Using Quantitative Ultrasound at a Community Health Fair [J]. Clin Rheumatol, 2013, 32(1): 37—41.

- [21] YU J, WONG D W, ZHANG H, et al. The Influence of High Heeled Shoes on Strain and Tension Force of the Anterior Talofibular Ligament and Plantar Fascia During Balanced Standing and Walking [J]. *Med Eng Phys*, 2016, 38(10): 1152—1156.

Effects of Different Exercise Mode Training on Insulin Sensitivity and Physical Performance in Elderly with Impaired Glucose Regulation

WU Yi

Chongqing Nanfang Translators College of SISU, Chongqing 401120, China

Abstract: This study is to screen out the exercise programs for insulin sensitivity, muscle strength, cardio-respiratory endurance, balance and gait performance in elderly patients with impaired glucose regulation (IGR). Seventy-five IGR elderly were enrolled and tested for insulin sensitivity, glucose metabolism, lower limb muscle strength, endurance, balance, and walking ability. They were randomly divided into groups and randomly divided into muscular exercise groups (M Group), cardiorespiratory endurance exercise group (C group) and balance exercise group (B group), each group training program for a period of 12 weeks of training; each group of training were carried out by 3—4 groups of people, each 30—40 Min, 4 times a week, a total of 48 trainings, post-testing within 3 days after the last training intervention; the project was consistent with the previous test. Results show that the fasting blood glucose, insulin, and insulin resistance indexes of the subjects with impaired glucose regulation were significantly improved in groups C and M ($p < 0.05$). Although the balanced training group had some improvement, it was not statistically significant ($p > 0.05$). The hip flexor, knee flexor, plantar flexor and dorsal flexor muscles all had significant increases in muscle strength ($p < 0.05$). Subjects in group M and group C achieved significant improvements in cardiorespiratory endurance. The results of the 6-minute walking test of the elderly using the muscle strength training program and cardio-pulmonary endurance training program were significantly better than those of the elderly who received the balance training ($p < 0.05$). The M group, C group and B group achieved significant improvement in their balance ability. The results of the tandem walking test in group C were significantly better than those in group M and B ($p < 0.05$). The cardiopulmonary endurance training group was trained for 12 weeks. The speed, stride frequency and stride length were significantly increased ($p < 0.05$); the muscle strength training group and the balance training group had no significant changes in walking speed, stride frequency and stride length after 12 weeks of training ($p > 0.05$). The cardiopulmonary endurance training group was significantly higher than the muscle strength training group and the balance training group ($p < 0.05$). Conclusion: In this study, the subjects with impaired glucose regulation underwent muscle strength training, cardiorespiratory endurance training and balance training intervention for 12 weeks, 4 times a week, 30—40 minutes each time. After the cardiopulmonary endurance training, the insulin sensitivity, lower limb muscle strength, cardiorespiratory endurance, balance ability and walking ability of the impaired glucose regulation group were significantly improved. The muscle strength training and balance training had a certain role in promoting the lower limb muscle strength and balance ability.

Key words: impaired glucose regulation; elderly; insulin sensitivity; muscle strength; balance