

· 综述 ·

2型糖尿病有氧运动疗法的最新研究进展*

袁爱国¹ 刘辉文² 雷雨³

我国糖尿病患者人群中,以2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)为主(>90%)^[1]。T2DM是一种受多因素共同作用而发生发展的,以人体代谢障碍、血脂异常、血糖升高等为基本特征的慢性内分泌代谢病症^[2]。胰岛β细胞功能障碍是T2DM最明显的特征,导致胰岛素分泌减少(或相对减少)或胰岛素抵抗,引起胰岛素对葡萄糖代谢的调节能力下降^[2]。据国际糖尿病联合会2010年数据显示^[3],中国有糖尿病患者4320万,预计到2030年将超过6260万,而全球糖尿病患者届时将达5亿人。如不采取控制措施,糖尿病将给中国和世界人民的健康带来严重威胁。

现有研究表明^[4],运动不足是T2DM的独立危险因素,同时又是代谢综合征的引发因素,美国运动医学会和美国糖尿病学会都高度推荐体育运动,尤其是规律的有氧运动作为T2DM预防和治疗的重要手段。有氧运动的特点是强度低、有节奏、不中断和持续时间长。常见项目有:步行、慢跑、滑冰、游泳、自行车、太极拳、健身舞、韵律操和球类运动(如篮球、足球)等。有氧运动疗法是T2DM康复治疗中最常用的治疗方法之一,有氧运动疗法种类繁多,可选择性强,对T2DM有显著的防治作用。本文对PubMed和CNKI数据库2010年1月—2014年7月有关T2DM有氧运动疗法的文献进行综合整理,共收集到138篇有关T2DM有氧运动疗法及运动处方方面的文献,在选择分析的基础上,排除重复或类似的研究,最终提炼出40篇文献进行分类整理用于综述。

1 T2DM的传统有氧运动疗法

1.1 游泳运动疗法

游泳运动能起到改善心血管系统,提高肺活量,加强皮肤血液循环和增强抵抗力的作用。目前暂未见有关于游泳运动在T2DM患者中的研究,但有有关T2DM动物的实验研究,朱洪竹等^[5]对链脲佐菌素诱导的T2DM大鼠进行了为期8周游泳训练后发现,糖尿病运动组电镜肾小球三层结构较清晰,基底膜增厚不明显,足突融合减少,溶酶体增多现象等均有一定程度减少,较糖尿病安静组有明显改善;糖尿病运

动组血糖浓度和24h尿微量白蛋白排泄量较糖尿病安静组显著降低($P < 0.05$);糖尿病运动组肾皮质Jagged-1、Val1744NICD和Hes-1蛋白的表达较糖尿病安静组均显著降低($P < 0.05$)。这可能与运动下调T2DM状态下激活的跨膜受体蛋白-1信号通路有关。Rosety等^[6]对ZDF大鼠(T2DM的动物模型)进行了为期6周的游泳训练后发现,运动组大鼠的代谢谱显著升高,总抗氧化水平和锰超氧化物歧化酶表达也增加。常波等^[7]对T2DM大鼠进行了12周的游泳运动训练后发现,运动组的体重、腹腔脂肪、血清胰岛素、甘油三酯、血糖和瘦素均显著下降($P < 0.05$)。以上研究表明,游泳训练对T2DM大鼠的肾功能有改善作用,同时可改善机体脂质代谢和抗氧化系统,缓解胰岛素抵抗和瘦素抵抗,但在T2DM患者中是否有此种效应还有待进一步研究。

1.2 太极拳运动疗法

太极拳有降血糖作用,长期坚持训练可有助于维持T2DM患者血糖正常或接近正常水平,并延缓和预防各种慢性并发症的发生。王丹文等^[8]的研究发现,长期太极拳训练对T2DM患者餐后2h血糖(2hPBG)、血压、体重等指标有降低作用。阚瑛等^[9]也发现,坚持太极拳运动对减轻肥胖T2DM患者的胰岛素抵抗,增加胰岛素敏感性有明显效果。王敬浩等^[10]研究发现,训练后糖尿病患者安静状态下前后对比:血糖水平显著降低($P < 0.05$),血浆胰岛素水平无显著变化,低亲和力胰岛素受体数目(r_2)及低亲和力胰岛素受体结合容量(R_2)增加显著($P < 0.05$);训练结束时,一次性运动后即刻与运动前安静状态下比较:血糖、高、低胰岛素受体数目(r_1 、 r_2)和高、低胰岛素受体结合容量(R_1 、 R_2)均显著升高($P < 0.05$),而胰岛素水平无显著变化。

1.3 八段锦运动疗法

八段锦健身气功是我国特有的健身运动项目,它通过调节人的身心,达到促进健康的目的。有关八段锦对T2DM运动疗法的研究较少,最近的研究显示,八段锦训练对T2DM患者有较好的辅助治疗作用,能有效改善患者的身心状况,有利于糖尿病患者的康复。王耀光等^[11]研究发现,训练后的

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.06.021

*基金项目:湖南省体育局课题(2015HN022)

1 邵阳学院体育系,邵阳,422000; 2 邵阳市中心医院; 3 贵州铜仁学院体育与健康学院

作者简介:袁爱国,男,讲师; 收稿日期:2014-12-30

HbA1c、FBG、TG及TC显著降低($P < 0.05$),HDL-C水平显著升高($P < 0.05$)。管玉香等^[12]也发现,干预后实验组中医症状积分、焦虑评分、抑郁评分、心踝指数、踝肱指数、2hP-BG、HbA1C、TG值均显著优于对照组($P < 0.05$)。

1.4 球类运动疗法

球类运动在T2DM运动疗法中的研究显示,球类运动也能改善T2DM患者的耗氧量峰值,减少脂肪量,并对血糖控制产生积极影响,如Andersen等^[13]对T2DM患者进行了为期24周的足球训练后发现,足球训练组的耗氧量峰值高11%($P < 0.01$),总脂肪量和类固醇脂肪量分别下降1.7kg和12.8%($P < 0.001$),足球训练组的血糖减少比对照组的血糖增加更大($P = 0.02$),但GLUT-4在运动干预后有升高的趋向($P = 0.072$);24周后,检测到HbA1c全时效应($P < 0.01$);运动干预后,足球训练组的I型肌纤维周围毛细血管数量升高7%($P < 0.05$),而对照组下降5%($P < 0.05$)。薛伟善^[14]对T2DM患者进行了为期4个月的网球运动训练后发现,HbA1C、TG、TC和HDL-C显著改变($P < 0.05$);反映血液流变性的主要指标如全血低切黏度、红细胞聚集指数(RAI)、细胞间黏附因子(sICAM-1)和P选择素(Ps)显著改变($P < 0.01$);而全血高切黏度、血浆黏度、血沉(ESR)和纤维蛋白原(Fib)显著下降($P < 0.05$)。谷颖^[15]对T2DM患者进行了4个月的乒乓球运动训练后认为,乒乓球训练有助于T2DM患者HbA1C、血糖和血脂指标的改善($P < 0.05$)。

1.5 健身操运动疗法

有关健身操在T2DM运动疗法中的研究不多,但已有的研究显示,健身操对T2DM患者有明显的治疗作用,可改善糖尿病患者血糖及生存质量,如国内稍早的研究是吴小青等^[16]对T2DM患者进行的有氧健身操训练,发现训练后患者的FBG与2hPBG明显下降,住院时间缩短。宗允等^[17]对T2DM患者进行了音乐健身操训练,发现运动组的空腹及餐后2h血糖、HbA1C显著低于对照组,生存质量评分优于对照组。最近仅见王囡等^[18]对T2DM患者进行了健身操训练,发现患者的FBG、HbA1C、LDL-C和BMI显著降低($P < 0.05$)。侯中伟等^[19]也对社区糖尿病老年人进行中华传统健身操训练的研究,研究显示,受试者训练之后的体质量、胸围、腰围显著下降($P < 0.05$);收缩压有显著下降($P < 0.01$)、舒张压显著上升($P < 0.05$);血糖、TG显著下降($P < 0.01$)。

1.6 步行运动疗法

步行被公认为世界上最好的运动。国内的张燕等^[20]对T2DM患者进行8周步行运动干预后发现,试验组FBG显著降低($P < 0.05$),总抗氧化能力(TAC)显著升高($P < 0.05$);而丙二醛(MDA)组间差异无显著性意义($P > 0.05$)。曾玉萍等^[21]对T2DM合并外周血管病变患者进行了半年的步行运动干预后发现,干预组与对照组在行走距离的差异无显著性

意义($P > 0.05$),但在步行速度、躯体功能与心理状态得分差异显著($P < 0.05$)。国外的Neuparth等^[22]研究了中等强度步行运动对葡萄牙T2DM患者的氧化应激、脂肪代谢和炎症标志物的影响,研究显示,活动T2DM患者的视黄酸受体反应蛋白(chemerin)和C反应蛋白水平显著低于不活动患者;活动患者趋向于更高的脂肪细胞因子水平和更低的氧化型低密度脂蛋白水平;活动女性趋向于更低水平的瘦素。

2 T2DM的新兴有氧运动疗法

2.1 运动游戏疗法

与单调枯燥的其他运动项目相比,运动游戏能极大地提高T2DM患者的运动兴趣,并使训练更持久化,但有关运动游戏在T2DM运动疗法中的研究很少,目前仅见国外的Kempf等^[23]对T2DM患者进行了为期12周的运动游戏Wii Fit Plus干预,研究发现,与对照组相比,干预组患者的HbA1c显著改善($P = 0.0002$),FBG也显著减少($P = 0.04$),体重($P < 0.001$)和BMI($P < 0.001$)也显著减少;糖依赖损害、心理健康、主观幸福感和生存质量也显著改善,沮丧患者数量减少。提示互动运动游戏Wii Fit Plus能改善T2DM患者的血糖代谢控制和生存质量。

2.2 广场舞疗法

广场舞是社区附近公民自发组织开展,不受场地限制,以强身健体、防病治病、愉悦身心和交往为目的,在音乐伴奏下以舞蹈和健身操为载体的活动^[24]。广场舞的动作简单易学,容易激发患者参加训练的兴趣,同时运动强度符合美国糖尿病协会对有氧运动的强度(55%—79% HRmax)或者最大心率储备(40%—74%)的标准^[25],是T2DM防治的重要方法之一。

但有关广场舞在T2DM运动疗法中的研究非常少,目前仅见国内的张国猛等^[24]对15例T2DM患者进行了24周的广场舞训练,他们的研究显示,24周干预后,实验组FBG、2hP-BG、HbA1c均显著下降($P < 0.05$),但体重和BMI无明显变化($P > 0.05$),提示全民健身广场舞也能有效降低T2DM患者的血糖和HbA1c水平。

2.3 太极柔力球疗法

太极柔力球由山西晋中卫校教师白榕副教授于1991年始创,是太极拳动作与网球、羽毛球技术相结合的太极式球类运动。有关太极柔力球在T2DM运动疗法中的研究也非常少,当前仅有国内的韦德良^[26]对T2DM患者进行了为期12周的太极柔力球训练,研究发现,太极柔力球运动可使患者的BMI、腰臀比和静态心率显著降低($P < 0.01$),收缩压和舒张压降至正常水平($P < 0.05$),肺体指数获得良性改善($P < 0.05$),握力和坐位体前屈均显著增加($P < 0.01$);患者的TG、TC、LDL和HbA1c明显降低($P < 0.05$),FBG和负荷试验2h

后血糖均较实验前显著降低($P < 0.01$)。

2.4 全身振动疗法

全身振动训练(whole-body vibration training, WBVT)是指利用外部机械振动及外在阻抗负荷刺激引起机体肌肉振荡,产生神经适应,以改善神经肌肉功能的训练方法^[27]。根据振动的方向,振动训练可分为垂直、水平和以水平面为轴的摆动振动3种模式^[28-29]。全身振动疗法开始于俄罗斯航天计划,现已逐渐演变成人们有效的训练方法。

目前国内外有关WBVT在T2DM治疗中的研究较少,如国外的Del Pozo-Cruz J等^[30]对WBVT改善T2DM患者平衡能力进行了研究,研究结果显示,参与者闭眼后,当他们的脚离合时,发现中心压力偏移的组间差异显著。此外,干预后WBVT组参与者闭眼后的中心压力偏移显著降低。del Pozo-Cruz B等^[31]研究表明,12周WBVT干预后,与对照组相比,干预组的HbA1c和FBG减少,大多数脂质相关心血管风险因子(如胆固醇、甘油三酯和动脉粥样硬化指数)也变小($P < 0.05$)。国内最近仅见王成绩^[32]的研究,他对40例T2DM患者进行了为期12周的振动训练后发现,训练后的空腹血糖浓度不变,但振动组和力量训练组口服糖耐量试验(OGTT)曲线下面积和最大葡萄糖浓度下降,振动组的HbA1c低于基础值,但其他两干预组升高。以上研究表明,振动训练在改善T2DM患者的血糖谱、脂质相关心血管风险因子和功能性能力方面是安全有效的,同时还能提高T2DM参与者的平衡能力,预防其摔跤。振动训练可能是T2DM患者血糖控制的有效和省时方法之一,但对这方面的研究还待进一步深入。

3 T2DM有氧运动疗法的机制

3.1 改善胰岛素抵抗,增强胰岛素敏感性

提高胰岛素受体的敏感性是T2DM有氧运动疗法的关键机制之一,T2DM最主要的病理生理特征是胰岛素抵抗,有氧运动能引起胰岛素受体的质和量发生改变。胡永善等^[33]的研究表明,运动训练对糖尿病大鼠肝细胞膜胰岛素受体的病理特征有较好的改善作用,使肝细胞膜胰岛素受体浓度、亲和力常数和最大结合率都下降,在胰岛素水平相同的情况下,能更好地促进机体对血糖的摄取和利用。王从容等^[34]的研究发现,长期进行耐力运动和减脂饮食,可使肥胖鼠的体脂含量降至对照水平,而且可增加骨骼肌细胞膜和肝细胞膜胰岛素受体的结合率,提高受体后酪氨酸蛋白激酶活性,改善肥胖鼠的胰岛素抵抗。

3.2 增加葡萄糖转运蛋白4含量,增强骨骼肌对葡萄糖的转运能力

葡萄糖转运蛋白4(GLUT4)是葡萄糖转运蛋白家族(GLUTs)的成员之一,是一种分子量为45—55kDa,含509个

氨基酸的单一多肽链糖蛋白,基本结构由12个跨膜片断铰链相连^[35]。GLUT4的主要功能是在脂肪和肌肉组织中转运葡萄糖。在无刺激时,90%以上的GLUT4分布于细胞内,在运动刺激或胰岛素刺激下,骨骼肌细胞和脂肪细胞中的GLUT4会从细胞内转位至细胞膜上,在刺激消失后,细胞则通过内吞功能把GLUT4从细胞外膜运回细胞内,贮存于囊泡中^[35]。杨晓冰等^[36]通过观察链脲佐菌素建模的糖尿病大鼠骨骼肌细胞内GLUT4含量的变化,以及游泳运动对糖尿病大鼠骨骼肌细胞内GLUT4含量的影响,发现6周游泳训练后,糖尿病大鼠血糖浓度下降,骨骼肌细胞内GLUT4含量升高明显,但血清胰岛素未见明显变化。这可能是运动训练主要通过影响胰岛素及其受体结合后机制(主要是提高骨骼肌细胞膜对葡萄糖的转运能力),改善糖尿病大鼠外周组织的胰岛素抵抗,引起血糖降低^[37]。研究发现GLUT4在运动或胰岛素刺激下,能从骨骼肌细胞内向膜外转移,发挥其生理作用。Ramlal等^[38]的研究结果相近,与对照组大鼠相比,实验组大鼠的骨骼肌细胞外膜上GLUT4含量降低约1/2,而内膜上GLUT4的含量降低约1/3。Marette等^[39]对SHRPN/CP大鼠(早期出现高血糖高胰岛素血症)进行的研究也发现,大鼠骨骼肌细胞外膜上GLUT4含量比正常瘦大鼠降5成,内膜上GLUT4含量降4成。这些研究提示,糖尿病状态中不但存在着GLUT4总体含量的减少,而且还有GLUT4转位机制障碍和GLUT4活性的降低。Dela等^[40]对正常成年人经过10周运动训练后发现,骨骼肌胰岛素受体结合及受体激酶活性均未见显著改变,但GLUT4含量增加。而刘传道等^[41]观察到运动可使GLUT4 mRNA的表达水平增高,但发现运动强度对GLUT4 mRNA表达量没有显著影响。

4 T2DM有氧运动疗法的问题与展望

不同类型的运动疗法中,有氧运动疗法种类最多,操作较方便,值得在T2DM的运动疗法中进行推广,但也不能忽视其他运动疗法的研究,以摸索T2DM的最佳运动疗法。如何使有氧运动的效果最佳化,如何使运动的指标更明确,如何制定不同风险水平、不同健康水平、不同年龄水平和不同性别人群的有氧运动方案,如何做到既注意运动项目(或形式)的新颖性,以提高T2DM患者参加运动训练的积极性,又考虑到运动的安全性和风险性,防止运动损伤或低血糖事件,以及如何确定不同剂量、不同强度、不同持续时间组合的有氧运动疗效等,是当前T2DM运动疗法中存在的主要问题。

陈莹等^[42]提出糖尿病运动处方目前的问题及未来的研究方向:首先要把糖尿病运动处方落实到医嘱上,让患者在糖尿病专科医师的指导下进行安全有效的运动治疗;其次要使运动处方的个性化;再者要根据糖尿病各年龄的不同需要来制定针对性的运动处方。刘龙波^[43]针对T2DM的中等强

度个性化有氧运动处方的设计,对有氧运动的种类、强度、频率、持续时间和注意事项等都进行了有益的探索,这是今后T2DM有氧运动疗法的大趋势和方向,值得进一步深入研究。

参考文献

[1] 中国2型糖尿病防治指南(2013年版)[EB/OL].http://www.360doc.com/content/14/0820/21/565268_403433665.shtml, 2014-08-20.

[2] 冯睿.不同有氧运动方式对2型糖尿病患者生活质量的影响[D].北京:北京体育大学,2008.

[3] New Diabetes Figures in China: IDF Press Statement[EB/OL].<http://www.idf.org/press-releases/idf-press-statement-china-study> Submitted by admin on Wed,2010-03-24.

[4] 孙子林,刘莉莉.2010年美国运动医学会/美国糖尿病学会糖尿病运动指南解读[J].中国医学前沿杂志,2011,3(4):15—18.

[5] 朱洪竹,肖国强,朱梅菊.运动可能通过下调肾脏Notch-1信号改善Ⅱ型糖尿病大鼠肾功能[J].天津体育学院学报,2014,29(1):1—5.

[6] Rosety-Rodriguez M, Rosety I, Fornieles-Gonzalez G, et al. A 6-week training program increased muscle antioxidant system in elderly diabetic fatty rats[J]. Med Sci Monit, 2012, 18(9):BR346—350.

[7] 常波,宋洋,郭琪,等.不同阶段运动干预对2型糖尿病大鼠骨骼肌leptin及其受体蛋白表达的影响[J].沈阳体育学院学报,2014, 33(2):80—85.

[8] 王丹文,徐桂华.中医养生运动对社区2型糖尿病病人影响的研究[J].护理研究,2009,23(10):2622—2623.

[9] 阚瑛,赵焱,邵红.太极拳运动对肥胖2型糖尿病患者胰岛素敏感性影响[J].吉林中医药,2004,24(10):11.

[10] 王敬浩,黄叔怀,仇志刚.太极拳锻炼对2型糖尿病的疗效观察及其机制探讨[J].中国运动医学杂志,2002,21(4):357—359.

[11] 王耀光,刘连军,寇正杰,等.健身气功八段锦锻炼辅助治疗2型糖尿病疗效观察[J].中国运动医学杂志,2007,26(2):208—210.

[12] 管玉香,王姗姗,马梦楠.八段锦运动干预对2型糖尿病患者相关指标的影响[J].护理学杂志,2012,27(10):23—24.

[13] Andersen TR, Schmidt JF, Thomassen M, et al. A preliminary study: effects of football training on glucose control, body composition, and performance in men with type 2 diabetes[J]. Scand J Med Sci Sports, 2014, 24(Suppl 1):43—56.

[14] 薛伟善.网球运动对2型糖尿病血液流变性影响的研究[J].辽宁师范大学学报,2012,35(1):136—139.

[15] 谷颖.乒乓球运动对2型糖尿病患者糖化血红蛋白影响的研究[J].辽宁师范大学学报,2011,34(3):362—364.

[16] 吴小青,杨梅.运动疗法—健身操在2型糖尿病治疗中的应用与护理体会[J].中国医药导报,2008,5(27):154—155.

[17] 宗允,涂萍.音乐健身操对2型糖尿病患者血糖及生活质量的影响[J].中国医药导报,2008,5(36):48—49.

[18] 王囡,王爱平.健身操运动干预对2型糖尿病患者的影响[J].中国医药科学,2012,2(6):105—107.

[19] 侯中伟,袁红,孙超.中华传统健身操对60例糖尿病患者的身体机能的影响[J].中华中医药杂志,2012,27(8):2170—2171.

[20] 张燕,王祥麟,裴云,等.步行运动对2型糖尿病患者抗氧化能力的影响[J].中国全科医学,2012,15(10B):3394—3395.

[21] 曾玉萍,吴媛,陶雪斌,等.步行运动对2型糖尿病合并外周血管病变患者的改善作用[J].护理学报,2014,21(7):44—46.

[22] Neuparth MJ, Proença JB, Santos-Silva A, et al. The positive effect of moderate walking exercise on chemerin levels in Portuguese patients with type 2 diabetes mellitus[J]. J Investig Med, 2014, 62(2):350—353.

[23] Kempf K, Martin S. Autonomous exercise game use improves metabolic control and quality of life in type 2 diabetes patients - a randomized controlled trial[J]. BMC Endocr Disord, 2013, 13(1):57.

[24] 张国猛,郭亚超.全民健身广场舞对社区2型糖尿病患者血糖相关指标影响的研究[J].南京体育学院学报,2012,11(5):34—37.

[25] 李奕.2型糖尿病力量运动处方研究进展[J].江汉大学学报(自然科学版),2010,38(1):86—90.

[26] 韦德良.太极柔力球运动对2型糖尿病患者体适能的影响研究[J].南京体育学院学报,2012,11(1):8—11.

[27] 王兴泽.振动负荷训练研究进展[J].中国运动医学杂志,2012,31(7):648—653.

[28] Pel JJ, Bagheri J, van Dam LM, et al. Platform accelerations of three different whole-body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs [J]. Med Eng Phys, 2009, 31(8):937—944.

[29] Bagheri J, van den Berg-Emons RJ, Pel JJ, et al. Acute effects of whole-body vibration on jump force and jump rate of force development: a comparative study of different devices[J]. J Strength Cond Res, 2012, 26(3):691—696.

[30] Del Pozo-Cruz J, Alfonso-Rosa RM, Ugia JL, et al. A primary care-based randomized controlled trial of 12-week whole-body vibration for balance improvement in type 2 diabetes mellitus[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2013, 94(11):2112—2118.

[31] del Pozo-Cruz B, Alfonso-Rosa RM, del Pozo-Cruz J, et al. Effects of a 12-wk whole-body vibration based intervention to improve type 2 diabetes[J]. Maturitas, 2014, 77(1):52—58.

[32] 王成绩.全身振动训练对2型糖尿病患者血糖控制的影响[J].中国老年学杂志,2014,34(12):3233—3235.

[33] 胡永善,冯光斌,吴毅,等.运动对糖尿病大鼠肝细胞膜胰岛素受

- 体的影响[J].中国康复医学,1997,12(3):109—111.
- [34] 王从容,刘亚兵,王敬泽,等.饮食脂肪含量和耐力运动对肥胖大鼠胰岛素受体酪氨酸蛋白激酶的影响[J].体育科学,2000,20(6):51—54.
- [35] Mueckler M, Caruso C, Baldwin SA, et al. Sequence and structure of a human glucose transporter[J]. Science, 1985, 229(4717):941—945.
- [36] 杨晓冰,吴毅,李益明,等.运动对糖尿病大鼠骨骼肌细胞葡萄糖载体4的影响[J].中华内分泌代谢杂志,1998,14(6):390—391.
- [37] 吴毅,杨晓冰,李益明,等.运动增加糖尿病大鼠葡萄糖载体蛋白含量及基因表达的研究[J].中华医学杂志,2000,80(3):172—174.
- [38] Ramlal T, Rastogi S, Vranic M, et al. Decrease in glucose transporter number in skeletal muscle of mildly diabetic (streptozotocin-treated) rats[J]. Endocrinology, 1989, 125(2):890—897.
- [39] Marette A, Atgié C, Liu Z, et al. Differential regulation of GLUT1 and GLUT4 glucose transporters in skeletal muscle of a new model of type II diabetes. The obese SHR/N-cp rat[J]. Diabetes, 1993, 42(8):1195—1201.
- [40] Dela F, Handberg A, Mikines KJ, et al. GLUT 4 and insulin receptor binding and kinase activity in trained human muscle[J]. J Physiol, 1993, 469(9):615—624.
- [41] 刘传道,江钟立,朱红军,等.不同强度的耐力运动对糖尿病大鼠骨骼肌 GLUT4 mRNA 表达的影响[J].中国康复医学杂志,2005,20(4):244—247.
- [42] 陈莹,陈青云.糖尿病运动疗法的研究进展与现实问题[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(30):6039—6042.
- [43] 刘龙波.中等强度有氧运动对2型糖尿病患者血糖血脂体重的影响[D].西安:西安体育学院,2013.

(上接第696页)

- 的适用性[J].中国心理卫生杂志,2002,16(4):242—245.
- [18] Katzman R, Zhang MY, Ouang YQ, et al. A Chinese version of the Mini-Mental State Examination; impact of illiteracy in a Shanghai dementia survey[J]. J Clin Epidemiol, 1988, 41(10):971—978.
- [19] 王征宇,张明园.中文版简易智能状态检查 (MMSE) 的应用[J].上海精神医学,1989,7(3):108—111.
- [20] 伍业光,张国兵,张春林,等.广西壮族自治区巴马县甲篆乡壮族老人认知功能的筛查结果分析[J].中国临床康复,2006,10(34):1—3.
- [21] Chiu FK. Reliability and Validity of the Cantonese Version of Mini-mental State Examination- Preliminary Study[J]. J Hong Kong Coll Psychiatr, 1994, 4(SP2):25—28.
- [22] Wong SS, Fong KN. Reliability and validity of the telephone version of the Cantonese Mini-mental State Examination (T-CMMSE) when used with elderly patients with and without dementia in Hong Kong[J]. Int Psychogeriatr, 2009, 21(2):345—353.
- [23] 孟新玲,么冬爱,刘婷,等.哈萨克文版简易智能精神状态检查量表的应用[J].中国心理卫生杂志,2012,26(12):941—942.
- [24] 孟新玲,肖劲松,沙拉,等.哈萨克文版简易智能精神状态检查量表在新疆阿勒泰市哈萨克族人群中的应用[J].中国老年学杂志,2012,32(6):1231—1233.
- [25] Xu G, Meyer JS, Huang Y, et al. Adapting mini-mental state examination for dementia screening among illiterate or minimally educated elderly Chinese[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2003, 18(7):609—616.
- [26] 方云华,陈善佳,周小炫,等. MoCA、MMSE、NCSE 等6个脑卒中认知康复评价工具的使用现状调查[J].中国康复,2014,29(1):40—42.
- [27] Folstein M. Mini-mental and son[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 1998, 13(5):290—294.
- [28] Werner P, Heinik J, Lin R, et al. 'Yes' ifs, ands or buts: examining performance and correlates of the repetition task in the mini-mental state examination[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 1999, 14(9):719—725.
- [29] Hagler S, Jimison HB, Pavel M. Assessing executive function using a computer game: computational modeling of cognitive processes[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2014, 18(4):1442—1452.
- [30] 田丰,姜超词,朱以诚,等.一种多通道简易精神状态检测系统 CN103956171A[P]. 2014-07-30.