



CDS
中国医学电子音像出版社



1 2 3 4 5

中国糖尿病 运动治疗指南

Chinese Guidelines of Exercise Therapy
in Diabetes Mellitus

中华医学会糖尿病学分会
中华医学电子音像出版社

中国糖尿病运动治疗指南

Chinese Guidelines of Exercise Therapy in Diabetes Mellitus

编审委员会

主 审：纪立农

副主审：翁建平 贾伟平 陆菊明 邹大进 周智广

主 编：郭晓蕙 孙子林

国际编委：刘跃飞（德国）

特约编审：常翠青

国内编委：（按姓名拼音顺序）

陈青云 陈 伟 傅 力 江钟立 沈 犁 吴 毅 杨兵全

专家委员会成员：（按姓名拼音顺序）

蔡德鸿 陈 丽 陈莉明 单忠艳 冯 波 高勇义 葛焕琦 葛家璞

巩纯秀 谷 卫 郭立新 郭晓蕙 洪天配 胡仁明 姬秋和 纪立农

贾伟平 匡洪宇 李 红（滇） 李 红（浙） 李彩萍 李启富 李小英

李延兵 刘 静 刘 伟 刘建英 柳 洁 陆菊明 吕肖锋 罗国春

石勇铨 时立新 宋光耀 苏本利 孙 侃 孙子林 田浩明 王 立

王长江 翁建平 夏 宁 肖建中 肖新华 徐 勇 徐焱成 许樟荣

阎胜利 杨 静 杨 涛 杨立勇 杨丽辉 杨叔禹 杨文英 杨玉芝

姚孝礼 于德民 余学锋 袁 莉 曾龙驿 张惠莉 张如意 赵志刚

周智广 朱大龙 邹大进

秘 书：杨兵全（兼） 刘莉莉

前言

糖尿病，尤其是2型糖尿病已经成为危害和威胁人类健康的重大疾病，其不断上升的发病率，对现代医学在预防和治疗中的作用构成了严重挑战。

糖尿病是一种遗传因素和环境因素长期共同作用所导致的慢性、全身性、代谢性疾病，以血浆葡萄糖水平增高为特征，主要是因体内胰岛素分泌不足和/或作用障碍引起的糖、脂肪、蛋白质代谢紊乱而影响正常生理活动的一种疾病。糖尿病的发生和发展与诸多因素有关，机制十分复杂。医学研究的大量证据表明，不健康的生活方式，如多食少动，在糖尿病发病中占重要地位。因此，提高身体活动水平，即运动锻炼，是预防和治疗糖尿病的主要手段之一。

然而，运动治疗如所有其他治疗手段一样，有适应证、禁忌证、量效关系以及运动治疗本身的特征。合理的运动治疗可以保证糖尿病患者的安全性，提高对糖尿病治疗的有效性；而不合理的运动治疗可能给糖尿病患者带来安全及疗效的不确定性。因此，拟定一本可循证的、规范的和具有专业水平的糖尿病运动治疗指南，对于糖尿病患者以及从事糖尿病防治的医务工作者是非常必要的。为此，中华医学会糖尿病学分会教育与管理学组组织了由糖尿病学及运动医学专家组成的专业人员，共同编写了这本糖尿病运动治疗指南。中华医学会糖尿病学分会全体委员参与审校、完善本指南。

本指南拟为从事糖尿病防治工作的医务人员开展运动治疗工作提供指导性服务。编写本指南的宗旨是在循证医学的基础上，结合糖尿病学和运动

医学的专业理论和知识，提供对糖尿病运动治疗具有规范性和切实可行的指导。本指南包括糖尿病运动治疗的理论、实施以及特殊问题三个部分，既可以为医务工作者提供整体性指导，也在具体操作上有参考作用，同时也对具备一定糖尿病知识的患者有指导意义。

使用本指南应注意如下几点：1) 本指南应在严格执行总的医疗原则，即治病救人的前提下使用。2) 本指南是针对糖尿病的运动治疗，具有相对特征性。虽然可能对其他疾病，尤其是内科疾病的运动治疗有参考价值，但不宜简单沿用。3) 运动治疗虽然是治疗糖尿病的重要措施之一，但不是全部，更不是万能的，而是与其他治疗措施相辅相成。因此，糖尿病的治疗与管理应该是全方位的，以中华医学会糖尿病学分会提出的“五驾马车”方案为基础。4) 本指南是目前在中国糖尿病运动治疗领域开展的开创性工作，还需要不断完善。由于时间仓促和水平有限，缺点和不足在所难免，衷心希望各位同道在本指南的临床应用中，系统科学的获取第一手资料，用于将来本指南的补充、修改及完善。

刘跃飞 郭晓蕙 孙子林



目 录

1. 糖尿病运动治疗的理论基础

1.1 糖尿病与运动的关系	1
1.1.1 糖尿病发病与运动	1
1.1.2 糖尿病进展与运动	3
1.1.3 糖尿病并发症与运动	4
1.1.4 糖尿病与运动不良反应	5
1.2 运动治疗糖尿病的机制	7
1.2.1 改善胰岛素敏感性	7
1.2.2 改善骨骼肌的功能	8
1.2.3 改善脂肪和蛋白质代谢	9
1.2.4 预防和治疗糖尿病并发症	10
1.2.5 改善心理状态	11
1.2.6 降低糖尿病的发病因素	13
1.3 运动的治疗效果	14
1.3.1 对糖尿病状态的改善	14
1.3.2 对身心状态的改善	16
1.3.3 对代谢指标的影响	18
1.3.4 阻止和减轻并发症	21
1.3.5 改善生活质量	23

1.3.6 经济效益	24
1.3.7 不同运动处方对糖尿病治疗效果的影响	26

2. 糖尿病运动治疗的实施

2.1 主要原则	30
2.1.1 安全性	31
2.1.2 科学性、有效性	32
2.1.3 个体化	33
2.1.4 专业人员指导	34
2.1.5 全方位管理	34
2.1.6 运动治疗的监测	35
2.1.7 治疗计划调整	36
2.2 实施	37
2.2.1 制定目标	37
2.2.2 运动治疗的前提	38
2.2.3 运动方案	46
2.2.4 运动实施	59
2.2.5 资料管理	61

3. 糖尿病运动治疗的特殊问题

3.1 合并不同疾病的糖尿病患者的运动治疗	63
3.1.1 冠心病	63
3.1.2 糖尿病心脏病	65
3.1.3 高血压病	66
3.1.4 脑血管病	67
3.1.5 下肢动脉硬化闭塞症	67
3.1.6 糖尿病合并神经病变	68
3.1.7 糖尿病合并足病	69
3.1.8 其他并发症	70
3.2 糖尿病合并特殊代谢状态的运动	74
3.2.1 血糖反应异常的运动治疗	74
3.2.2 糖尿病合并妊娠的运动治疗	77
3.2.3 糖尿病合并低蛋白血症的运动治疗	77
3.3 运动治疗过程中的药物调整	79
3.3.1 运动治疗过程中胰岛素的调整	79
3.3.2 运动治疗中口服降糖药的调整	82
3.4 运动并发症的处理	83
3.4.1 常见运动并发症的原因	83
3.4.2 运动并发症的处理	86
附：名词解释	88
参考文献	90

表 1 牛津循证医学中心（OCEBM）证据分级

推荐意见	证据级别	描述
A	1a	基于RCTs的SR（有同质性）
	1b	单个RCT研究
	1c	“全或无”证据（有治疗以前，所有患者都死亡；有治疗之后，有患者能存活。或者在有治疗以前，一些患者死亡；有治疗以后，无患者死亡。）
B	2a	基于队列研究的SR（有同质性）
	2b	单个队列研究（包括低质量 RCT；如<80%随访）
	3a	基于病例对照研究的SR（有同质性）
	3b	单个病例对照研究
C	4	病例报道（低质量队列研究）
D	5	专家意见或评论

注：RCT：随机对照试验；SR：系统评价

中国糖尿病运动治疗指南

1. 糖尿病运动治疗的理论基础

1.1 糖尿病与运动的关系

糖尿病，尤其是2型糖尿病已经成为危害和威胁人类健康的重大疾病。我国的2型糖尿病患病率高达9.7%，且仍呈现上升趋势，已成为世界上糖尿病第一大国^[1]，糖尿病的预防与治疗在中国已成为最重要的公共健康问题之一。

糖尿病是以慢性高血糖为特征的代谢性疾病，其发生发展与遗传、环境及行为三大因素密切相关。改善其中可干预的环境因素和行为因素，能有效预防、治疗和延缓糖尿病及其并发症的发生和发展。

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	描述
1.缺乏运动与糖尿病发病密切相关	A	RCT研究
2.糖尿病病情的进展与运动密切相关	B	临床病例对照研究
3.运动不仅可以预防糖尿病并发症的发生，同样可以改善并发症的发生和发展	B	临床病例对照研究
4.不适当的运动治疗也会给糖尿病患者带来损伤	D	专家意见

1.1.1 糖尿病发病与运动

2型糖尿病被认为是一种缺少运动（身体惰性）的疾病^[2-4]，超过80%的2型糖尿病与肥胖及身体惰性有关^[5]，而通过运动干预可以显著降低糖尿病发病率，因此缺少运动本身就是糖尿病的发病因素之一。

缺少运动与糖尿病发病关系是肯定的。不论是行走还是剧烈运动均能降低糖尿病发病的危险，并且运动强度越大，发生糖尿病的相对危险性就

越低^[6]。每周一次的快走或骑车运动即能显著改善空腹血糖水平的控制和降低糖尿病的发病率^[7, 8]；如果每天都进行规律的体育运动，糖尿病发病的相对危险性下降15%~60%^[7, 9-11]。我国的一项大型临床流行病学研究表明，不论是业余时间的休闲运动，还是规律的日常运动均能显著降低糖尿病的发生率^[12]。国际上对糖尿病预防的研究也都证实运动对预防糖尿病的发生有积极作用^[10, 11, 13-17]。

肥胖作为糖尿病发病重要的危险因素与运动也密切相关。在我国人群中，当体重指数（body mass index, BMI） $\geq 24 \text{ kg/m}^2$ 时，糖尿病患病的风险是体重正常者的2~3倍^[18]。

肥胖的发生就环境因素来说，主要与饮食和活动减少有关，其中活动减少起着重要作用，如静坐或看电视^[19, 20]。相反，活跃的生活方式就能维持健康的体重^[21]。对于超重的成人，每天进行45~60分钟中等强度的运动就能有效预防由超重进展为肥胖^[22]。

现有的研究证实，通过降低并维持BMI可以降低糖尿病发病的危险^[13, 15, 23]。但也有研究表明，运动降低糖尿病及糖尿病前期的发生风险是独立于体重下降产生的效应。我国的“大庆糖耐量减低和糖尿病研究”发现，在生活方式干预组和非干预组，体重下降对糖尿病发病的相对危险性没有明显差异^[24]。亚洲其他国家葡萄糖耐量减低者干预研究也得出相似的结论^[25, 26]。

如果持续6个月不运动，与代谢有关的健康指数，如体重、腰围、腰臀比、体内脂肪分布均呈现不同程度的增加，而胰岛素敏感性和身体健康指数均呈现下降现象^[27]。

饮食不当作为糖尿病发病的另一个重要危险因素与运动也密切相关。有证据表明，运动能对食欲产生有益的影响，并有助于能量平衡和控制体重^[28]。运动不会立即增加食欲，相反，剧烈的运动可能导致临时性食欲下

降^[28]。运动还能明显改善身体惰性者的饮食控制水平^[29]。

饮食因素对运动的影响也是肯定的，喜食高脂肪、高碳水化合物食物，吃蔬菜少的人，其运动量较饮食健康的人明显减少^[30-32]。

1.1.2 糖尿病进展与运动

糖尿病不仅是慢性疾病，同时也是进展性疾病。如何防止高危人群及糖尿病前期进展到糖尿病，以及早期糖尿病进展到晚期糖尿病也是糖尿病防治中的重要一环。

正如前述，运动能改善糖尿病发病的危险因素，同样也能改善葡萄糖耐量减低和空腹血糖受损状态。我国的“大庆糖耐量减低和糖尿病研究”的6年随访结果显示，在对照组有67.7%的葡萄糖耐量减低转变为糖尿病，在饮食干预组为43.8%，在运动干预组为41.1%^[33]。在更长的随访期间，葡萄糖耐量减低人群在不加干预的情况下，20年间有93%会发生糖尿病，而接受为期6年的生活方式干预者，在20年后仍可降低糖尿病发生率



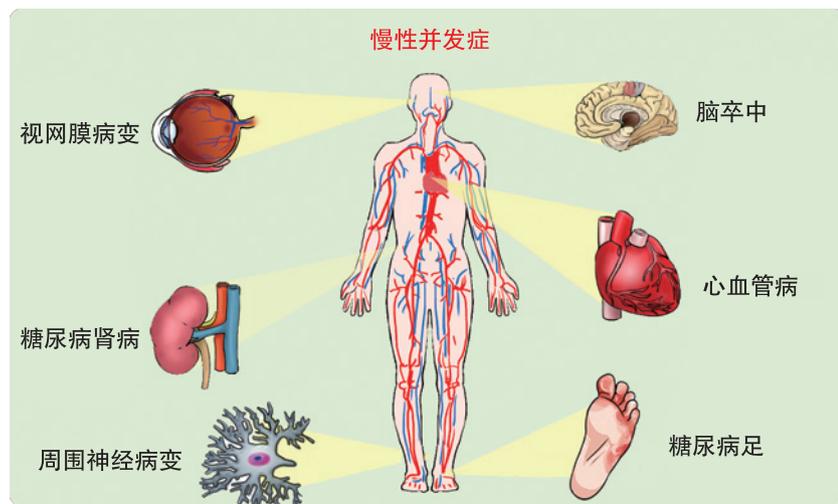
43%，并且延缓糖尿病发病时间3.6年^[24]。坚持每天30分钟以上的运动干预，不论是轻度运动，还是剧烈运动，均能降低葡萄糖耐量减低进展为糖尿病的风险^[26, 34]。对空腹血糖异常者，运动也能明显降低其进展为糖尿病的风险^[7, 35]。

运动能显著改善与代谢相关的指标，如运动能改善糖尿病患者的糖化血红蛋白（HbA1c）水平，这种改善效果和饮食治疗、药物治疗和胰岛素治疗的效果相当^[36]。罗莎等的荟萃分析表明，规律体育运动可显著降低HbA1c、甘油三酯、总胆固醇，提高高密度脂蛋白胆固醇并降低低密度脂蛋白胆固醇。诚然，有关这方面的研究仍需继续深入^[37]。

1.1.3 糖尿病并发症与运动

糖尿病并发症是影响患者生活质量和预后的重要原因。运动不仅可以预防糖尿病并发症的发生，同样可以改善并发症的发展和预后。

糖尿病并发症包括：血管病变、神经病变、肾病和视网膜病变等，适



当运动具有明显改善微血管并发症发生和发展的作用。每周3次且连续12周的太极拳运动不仅可以改善血糖水平，还能增加神经的传导速度^[38]。每周4小时的快走，能显著延缓糖尿病运动和感觉神经病变的进展^[39]。每天30分钟的脚踏车或跑步机训练，能改善糖尿病自主神经病变^[40]。抗阻训练能明显改善糖尿病肾病患者的骨骼肌力量和生活质量^[41]。我国的“大庆糖耐量减低和糖尿病研究”显示，包括运动在内的生活方式干预使严重糖尿病视网膜病变的发病率下降47%^[42]。

糖尿病大血管病变包括外周血管病变、心脑血管病变等，运动同样具有良好的预防和治疗效果。有氧运动联合抗阻训练可以改善糖尿病患者外周血管阻力^[43]。包括运动在内的生活方式干预，能明显降低心血管事件的发生风险^[44]。即使是每周仅2小时的步行，也能使糖尿病患者的全因死亡率下降39%，心血管事件诱发的死亡率下降34%^[45]。实验研究也证实了联合有氧运动和抗阻训练，能明显改善糖尿病患者的血管舒缩功能。对糖尿病足病患者进行为期仅12周的有氧运动即能明显降低患者的HbA1c水平、增加骨骼肌力量和改善运动感知水平^[46]。

1.1.4 糖尿病与运动不良反应

虽然运动在糖尿病的防治中具有重要地位，并且在通常情况下运动对糖尿病患者来说是安全的，但是由于糖尿病患者特殊的病理生理特点，决定了糖尿病患者的运动需要专业人员指导和监督，否则可能会给患者带来不良反应。运动导致糖尿病患者的损伤包括由于不恰当的运动方式、运动强度和运动时间带来的诸如骨骼肌损伤、骨折、关节损伤、皮肤损伤、低血糖、蛋白尿、眼底出血、心肌缺血等损害。

低血糖事件是运动对糖尿病患者最常见的不良反应。由于糖尿病患者

的血糖调节机能受损，运动时能量消耗增加以及降糖药物等联合影响，不恰当的运动会导致低血糖发生率增加。

由于高血糖、糖基化终产物、胰岛素抵抗以及机体其他物质代谢异常的作用，促进了糖尿病患者在运动中更容易出现与运动相关的损伤。有研究显示糖尿病患者的跟腱更易受到损伤^[47]。肩袖撕裂的发生与血糖水平也有明显的相关性^[48]。由于糖尿病患者的骨质疏松发生率明显增加，从而增加在运动中骨折的发生率^[49, 50]。糖尿病患者的踝关节和膝关节周围的肌力明显减弱^[51]，并且肌萎缩的发生也非常常见^[52, 53]，导致运动损伤几率增加。

糖尿病治疗程度和方法不同以及并发症的存在，对运动损伤的发生有很大影响。对1型糖尿病患者而言，如果在停用胰岛素12~48小时以及有酮体存在时，运动能加重高血糖和酮症的发生。对糖尿病肾病患者来说，不恰当的运动加重肾脏损害^[41, 54]。对于存在增殖期视网膜病变的糖尿病



患者，不适当的运动则可引起眼底出血。

过度运动也会给糖尿病患者带来严重的不良影响。过度运动会引起能量平衡紊乱、酮体生成、低血糖反应、体重下降等不良反应。

综上所述，对防治糖尿病的发生和发展，运动治疗具有重要的医疗价值；正如药物使用不当，不适当的运动治疗也会产生不良作用。因此，为糖尿病患者制定个体化的运动方案，应根据本指南进行。

1.2 运动治疗糖尿病的机制

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.运动改善2型糖尿病个体胰岛素敏感性	A	RCT研究
2.运动改善糖尿病患者的骨骼肌功能	A	RCT研究
3.运动改善脂肪和蛋白质代谢	A	RCT研究
4.运动疗法预防和治疗糖尿病并发症	B	病例对照研究
5.运动改善糖尿病患者心理状态	B	病例对照研究
6.运动降低糖尿病的发病因素	B D	病例对照研究 专家意见

1.2.1 改善胰岛素敏感性

糖尿病发病机制主要有胰岛素分泌减少和胰岛素抵抗。运动可改善2型糖尿病个体胰岛素敏感性已经被很多动物和临床试验证实，主要机制有以下三方面^[55]：①在整体水平上，运动可以通过增加机体能量的消耗，减少脂质在体内堆积，从而减少脂质在骨骼肌细胞、胰腺细胞及肝细胞中的堆积，减少脂质对骨骼肌细胞、胰腺细胞及肝细胞中的毒性作用，从而增加骨骼肌细胞摄取葡萄糖和胰腺细胞分泌胰岛素的能力。②从细胞水平上，骨骼肌细

胞对葡萄糖的利用，主要是通过骨骼肌细胞膜上葡萄糖载体4（glucose transporter-4, GLUT-4）转运细胞外葡萄糖入细胞内进行能量代谢。在基础状态下，GLUT-4绝大多数位于细胞内的GLUT-4囊泡上，只有少数位于细胞膜上。细胞内GLUT-4囊泡分为两种类型，对运动刺激敏感的GLUT-4囊泡和对胰岛素刺激敏感的GLUT-4囊泡，分别由运动和胰岛素刺激使GLUT-4由细胞内的GLUT-4囊泡上转位至细胞膜上，从而发挥转运葡萄糖的作用。由此可见，运动可以增加骨骼肌细胞膜上的GLUT-4的数量，增加骨骼肌细胞对葡萄糖的摄取，改善骨骼肌细胞的胰岛素敏感性。③从细胞内信号传导水平上，运动能够通过促进细胞内GLUT-4转位至细胞膜上的信号传导通路上的信号蛋白表达，从而增加骨骼肌细胞内GLUT-4的转位，最终增强骨骼肌细胞摄取葡萄糖的能力。

1.2.2 改善骨骼肌的功能

骨骼肌约占成年人体重的40%（女性约30%），是人体最重要的运动器官和能量代谢组织。研究显示，糖尿病患者骨骼肌功能会下降，严重者会出现糖尿病肌病，可出现骨骼肌的机械收缩功能和代谢功能下降，骨骼



肌的机械收缩功能减退表现为肌肉萎缩、肌肉收缩力量下降^[56]。骨骼肌代谢功能下降表现为：①骨骼肌细胞摄取、利用葡萄糖的能力下降。②脂代谢能力下降，导致肌细胞内脂集聚。③骨骼肌内与能量代谢相关的线粒体密度减低和解耦联蛋白水平下降，最终导致线粒体功能下降。

运动可以改善糖尿病患者的骨骼肌功能，主要表现在以下几个方面：①机械收缩功能：研究表明^[57-59]，运动能够使糖尿病患者骨骼肌体积增大，肌肉力量明显增强，骨骼肌纤维的I、II型肌纤维增生；I型肌肉纤维较II型肌肉纤维具有更高的胰岛素敏感性、更大抗氧化能力、更多的线粒体。②代谢功能：运动能够通过改善糖尿病患者骨骼肌的胰岛素敏感性，改善骨骼肌细胞摄取、利用葡萄糖能力，提高脂质代谢能力，增加骨骼肌内脂质动员分解，降低骨骼肌内脂质的堆积；另外，长期运动作为一个生理性刺激，能够诱导骨骼肌细胞线粒体适应，从而修复糖尿病对肌肉线粒体构成的损伤。运动作为防止和减少糖尿病对线粒体损害的一个重要非药物方法，其主要机制包括：运动能增加线粒体生物合成，这可能依赖于一些重要蛋白的表达增加，诸如过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 辅激活子1 α （PGC-1 α ）和热休克蛋白（HSPs），在糖尿病患者肌肉中这两者均显著下调；同时运动能使糖尿病患者中骨骼肌线粒体中解耦联蛋白3（Uncoupling proteins, UCP3）表达水平上升。

1.2.3 改善脂肪和蛋白质代谢

葡萄糖、脂肪和蛋白质是机体三大能源物质，三者之间可以互相转换或替代。患糖尿病时，由于胰岛素作用障碍、骨骼肌细胞内线粒体功能受损，在糖代谢紊乱的同时，也会出现脂质和蛋白质代谢的紊乱。胰岛素抵抗时脂质代谢紊乱常是多种代谢紊乱的结果，脂肪组织中储存的甘油三酯

代谢缺陷会导致肝脏的游离脂肪酸上升，进而使肝脏产生过量的大颗粒极低密度脂蛋白和引起高甘油三酯血症^[60]。胰岛素具有刺激细胞蛋白合成、抑制蛋白分解的作用，患糖尿病时由于胰岛素不足或作用下降，体内蛋白合成减弱，蛋白分解增加，出现负氮平衡。由于胰岛素介导的净蛋白质合成主要发生在骨骼肌和肝脏，所以胰岛素不足或胰岛素抵抗所致的蛋白质分解状态会引起肌肉萎缩，同时，肝脏内的血浆蛋白合成也会相应地降低^[61]。

运动除了改善糖尿病患者糖代谢紊乱之外，还可改善糖尿病患者脂质及蛋白质代谢紊乱^[62]。静息时骨骼肌依靠氧化游离脂肪酸供能，运动时依靠氧化游离脂肪酸、葡萄糖和肌糖原供能。运动初期肌糖原是主要的供能物质，随着运动时间的延长，肌肉内的糖原逐渐耗尽，葡萄糖和游离脂肪酸供能变得重要起来，血液中葡萄糖来源也由肝糖原分解转变成糖异生。运动时脂肪组织的脂肪动员加强，血液游离脂肪酸浓度增加，肌肉和肝脏通过摄取并氧化分解这些游离脂肪酸以提供能量。除了脂肪细胞的脂肪动员以外，骨骼肌内的甘油三酯也是骨骼肌运动时重要的供能物质。研究表明，中等强度运动可使脂肪氧化增加10倍，从而减轻脂肪组织、骨骼肌细胞内的脂质沉积，最终可改善骨骼肌细胞的胰岛素敏感性。运动可以逆转糖尿病患者的负氮平衡，增加糖尿病患者的骨骼肌体积。中等强度运动还可以改善由于老年相关的骨骼肌胰岛素抵抗，恢复胰岛素促进骨骼肌细胞蛋白的合成代谢效应，促进骨骼肌内蛋白质合成。其主要机制可能与运动改善内皮功能、胰岛素相关的血管扩张和营养输送有关^[63]。

1.2.4 预防和治疗糖尿病并发症

糖尿病患者慢性并发症主要有糖尿病脑血管病变、糖尿病心血管病变、糖尿病足病、糖尿病肾病、糖尿病视网膜病变及糖尿病周围神经病变。传统观点认为糖尿病并发症由多元醇、己糖胺、晚期糖基化终产物

(AGEs)和蛋白激酶C(PKC)四条通路激活所致^[64]，而Brownlee证明^[65]线粒体活性氧簇(ROS)生成过多是上述四条通路激活的“上游事件”，是糖尿病并发症机制中关键性的一步。ROS包括超氧阴离子($O_2^{\cdot-}$)、羟自由基($\cdot OH$)、过氧化氢(H_2O_2)等。除了通过上述四条通路之外，ROS还可使低密度脂蛋白氧化形成氧化型低密度脂蛋白(ox-LDL)，从而使巨噬细胞形成泡沫细胞，促进动脉粥样硬化斑块的形成；另外，ROS抑制NO合酶活性而使NO合成减少，并使NO生物学活性下降，导致血管舒张功能障碍。 $O_2^{\cdot-}$ 和 H_2O_2 可激活NF-KB、P38丝裂原活化蛋白激酶和STAT-JAK等应激相关信号，导致血管平滑肌细胞迁移和增殖。

运动疗法预防和治疗糖尿病并发症的机制目前尚不清楚，需进一步研究。通常认为，急性运动能增加平时不训练个体的氧化应激水平，引起应激损伤，但长期规律运动能增强机体抗氧化酶的活性，提升机体抗氧化应激的能力，减低休息时和运动后的氧化应激。因此长期规律运动可以降低ROS的“下游事件”，最终预防和治疗糖尿病并发症^[66, 67]。

1.2.5 改善心理状态

糖尿病是一种伴随患者终生的慢性疾病，患者常会伴有多种心理障碍，其中以自信心降低、恐惧、焦虑和抑郁较为明显。糖尿病患者在恐惧、焦虑、抑郁时，血糖常会升高，不利于血糖的控制。因此，在治疗糖尿病的同时，必须重视糖尿病患者的心理状态，采取相应的干预措





施，从而有利于糖尿病的控制。据报道^[68]，2型糖尿病患者中抑郁的发生率明显比普通人群高，糖尿病心理障碍发病率高达30%~50%。

心理障碍患者体内氧化应激水平明显升高，氧化应激是糖尿病发病的重要机制之一。规律运动能增强机体抗氧化应激能力，但运动是否通过改善糖尿病患者的心理状态而防治糖尿病目前尚不清楚，尚待深入研究。研究表明，常规运动训练能改善2型糖尿病患者的不良心理及健康相关的生活质量。Williamson DA等研究^[69]表明，以减轻体重的7%、中等强度的体力运动、每周达到175分钟以上为目标的生活方式干预，12周后肥胖或超重的2型糖尿病患者，健康相关生活质量（Health-Related Quality of Life, HRQOL）和抑郁症状得到明显改善。

运动改善糖尿病患者心理状态的机制主要有心理性和生理性两个方面。心理性包括自我效能和控制感增加，以及注意力的分散、自我观念的改变等；生理性机制包括中枢神经系统去甲肾上腺素传递增加，下丘脑肾上腺皮质系统、5-羟色胺合成和代谢及内啡肽的变化。

1.2.6 降低糖尿病的发病因素

糖尿病的发病危险因素因糖尿病类型不同而不同^[70]，1型糖尿病的易感因素主要有遗传易感性、自身免疫、病毒感染、牛乳喂养、药物及化学物；2型糖尿病的易感因素主要有遗传易感性、体力活动减少及（或）能量摄入增多、肥胖（总体脂增多或腹内体脂相对或者绝对增多）、胎儿及新生儿期营养不良、年龄、吸烟、药物及氧化应激。糖尿病的易感因素有些是可以通过干预进行纠正的，如体力活动减少及能量摄入增多、吸烟、肥胖等；而有些易感因素是无法改变的，如遗传易感性、年龄等。在这些可以纠正的糖尿病发病因素中，有些是可以通过运动来进行干预的，如体力活动减少、肥胖及氧化应激等。

体力活动减少是一种不良生活习惯，可以通过积极的生活方式干预来纠正。运动可以作为体力活动减少的一种行为治疗方法，使患者形成坚持运动的习惯。研究表明^[71]规律运动可以促使患者体内 β 内啡肽水平显著增高，使患者产生运动愉悦感，从而使患者愿意运动。

肥胖是由遗传和环境因素共同作用引起的体重增加、脂肪集聚过多所致的慢性代谢性疾病，是引起高血压、冠心病、2型糖尿病、血脂异常、睡眠-呼吸暂停综合征、胆囊炎、胆石症、骨关节病以及某些癌症的重要诱因和共同的病理基础。肥胖可以通过运动治疗与饮食疗法相结合的方法来加以纠正。单纯运动疗法一般不足以减轻体重，运动所导致的能量消耗，很容易通过过多的能量摄入得到补充。Miller等发现493项研究中限制饮食进行运动时，平均减轻体重为 $10.7 \pm 0.4\text{kg}$ ，单纯进行运动时平均减轻体重为 $2.9 \pm 0.4\text{kg}$ ，而同时进行节食和运动治疗时平均减轻体重为 $11.0 \pm 0.6\text{kg}$ 。

氧化应激是指体内氧自由基清除和产生出现失衡，与糖尿病发病有着密切的关系，氧化应激的增强可通过损伤胰岛 β 细胞和降低外周组织对胰

胰岛素的敏感性导致糖尿病的发生^[72]。研究提示1型糖尿病和2型糖尿病患者体内反映氧化应激水平的脂质过氧化和蛋白氧化指数明显增强。并且，长期规律运动能增强机体抗氧化应激能力，减低休息时和运动后的氧化应激。

1.3 运动的治疗效果

1.3.1 对糖尿病状态的改善

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.运动使糖尿病发病率显著下降	A	RCT研究
2.运动可以通过改善环境因素和行为因素起到降低糖尿病发病的作用	A	RCT研究
3.运动对糖尿病预防和治疗均有作用	B	临床病例对照研究

运动使糖尿病发病率下降。糖尿病是一种生活方式疾病，能量摄入过多或体力活动不足是公认的糖尿病发病的重要原因。运动通过降低糖尿病的发病因素，增强体能，减少肥胖，改善心、肺功能，从而降低糖尿病的发病率。有研究统计显示，进行有规律运动的糖尿病患者不足5%，而在身体积极活动的人群中2型糖尿病的发生率显著下降^[73]。大庆市对530例糖耐量减低人群6年前瞻性观察结果表明，糖尿病患者年发病率在运动治疗组明显低于对照组和饮食治疗组^[74]。因此，增强身体活动的运动疗法不仅是糖尿病的基础治疗方法，也是预防糖尿病的重要措施^[75]。

不同运动量和运动方式均可对糖尿病有预防作用。研究表明，每周进行1次以上的中等强度有氧运动（至出汗程度），如散步、慢跑、骑自行车等，2型糖尿病的发病率将明显降低。Maiorana等^[43]对2型糖尿病患者进行

8周50%~60%最大摄氧量（VO₂max）有氧运动，结果发现患者平均心输出量增加，血压下降，静息心率下降。还有学者观察到进行30分钟中等强度运动，可提高胰岛素受体的敏感性及其结合能力，加速血糖的利用^[76]；而进行长期的有氧锻炼能有效地促使胰岛素受体数目增多和活性增强^[77]，说明运动对有效控制糖尿病患者的血糖和代谢紊乱，以及预防和延缓并发症的发生有积极作用。

运动降低糖尿病的发病风险。运动可以通过改善环境因素和行为因素起到降低糖尿病发病的作用。美国的一项健康调查以BMI<30kg/m²的5万女性和6.8万非糖尿病女性为对象，观察2组人群6年间肥胖和2型糖尿病的发生率。结果显示每周看电视的时间<10小时，每天步行>30分钟，肥胖减少30%，2型糖尿病减少43%^[78]。持之以恒地参加运动，并严格控制饮食，使体重减轻，血糖也会随之降低。通过运动降低体重，可预防糖尿病的发生^[79]。定期进行运动锻炼，同时配合饮食等，可使机体胰岛素抵抗减轻，冠心病危险因子及糖代谢异常表现显著改善^[80]。运动可干预不良的生活方式，从运动中获得的心理功能的改善，能够使心情愉快，增加对日常



活动的信心，增强免疫功能，消除应激紧张状态，积极改变不良的生活方式，增强社会适应能力。从而缓解心理上的亚健康状态，减少糖尿病发生的心理因素。

1.3.2 对身心状态的改善

推荐意见

推荐意见	推荐级别	证据
1.坚持运动训练可明显改善糖尿病患者的心理状态，包括使患者自信心增强、焦虑感减轻、恐惧缓解等	A	1a:Meta分析
2.坚持运动训练可有效改善糖尿病患者的抑郁状态	A	1a:Meta分析
3.运动训练通过降低体重，及改善呼吸道生理解剖等作用，有效的改善睡眠-呼吸暂停综合征患者的睡眠状况，进而达到改善糖尿病患者血糖控制效果，提高患者生活水平等方面的目的	A	1a:RCT研究

1.3.2.1 抑郁和焦虑

如前所述，糖尿病是一种慢性疾病，病程较长，随着病情的发展，患者常有多种心理障碍，其中以自信心降低、恐惧、焦虑和/或抑郁较为明显。有证据表明，抑郁、焦虑等负面情绪不利于糖尿病患者血糖的控制，抑郁状态没有得到良好控制的糖尿病患者，其自我照顾水平及治疗依从性下降，从而降低血糖控制的效果^[81, 82]。已有证据证明规律系统的运动训练能有效地控制轻、中度糖尿病患者的血糖水平，减少以至替代药物或胰岛素的应用，减轻患者的身体及精神负担，改善患者的不良精神状态，增强



克服疾病的信心，缓解抑郁或焦虑状态，减轻悲观失望以及恐惧等不良心理，从而对血糖控制及改善生活质量起到正反馈的作用。

另一方面，糖尿病运动治疗中运动方式的多样性和可自主选择，在运动的同时增加了治疗的趣味性及娱乐性。患者可根据自身的喜好选择慢跑、游泳、太极拳等个人活动或羽毛球、排球、舞蹈等集体活动，运动训练的同时扩大了患者的日常生活及社交网络，使患者在同一群体中找到归属感，从而克服独自面对疾病的孤独及恐惧，必然能全面改善因长期疾病而产生的多种负性精神、心理状态。

1.3.2.2 睡眠-呼吸暂停综合征

在65岁以上的糖尿病人群中，大约有2/3的人罹患睡眠-呼吸暂停综合征，从而导致睡眠剥夺。任何原因导致的睡眠剥夺，尤其是睡眠-呼吸暂停综合征可加重胰岛素抵抗、高血压和血脂调节异常^[83]。最常见的睡眠-呼吸暂停综合征类型是气道阻塞型。在肥胖体型、男性、老年的人群中更常见^[84, 85]。对糖尿病患者并存阻塞性睡眠-呼吸暂停综合征的治疗，其降低空腹血糖（fasting plasma glucose, FPG）、餐后血糖（postprandial

plasma glucose, PPG) 和HbA1c水平的作用, 等于甚至超过口服降糖药物的效果^[86, 87]。并且有证据表明, 得到良好治疗的睡眠-呼吸暂停综合征患者, 其心血管疾病的预后结果较没有治疗的睡眠-呼吸暂停综合征患者明显改善^[88-90]。

1.3.3 对代谢指标的影响

推荐意见:

推荐意见	推荐级别	证据
1. 运动干预对2型糖尿病患者降低FPG、PPG、HbA1c、BMI效果显著, 应加强运动干预在2型糖尿病患者中的应用	A	RCT研究 Meta-分析
2. 运动可改善脂质代谢, 减少体脂	A	RCT研究
3. 运动有利于稳定初诊2型糖尿病患者的波动性高血糖	B	临床病例对照研究
4. 许多炎症因子不但直接参与胰岛素抵抗, 而且与糖尿病大血管并发症的危险联系紧密, 而运动可使炎性介质显著下降	D	专家意见

1.3.3.1 运动改善血糖代谢

对于2型糖尿病患者, 如病情允许, 保持较长时间、有规律的中等强度运动, 能显著降低FPG及PPG^[91]。高血糖是糖尿病的标志, 包含持续性高血糖和波动性高血糖两方面。研究表明, 在严格饮食控制的基础上予以12周的运动治疗方案, 以日内平均血糖波动幅度(MAGE)反映血糖波动, 同时测定HbA1c, 胰岛素抵抗指数(胰岛素抵抗指数=空腹血糖×空

腹胰岛素/22.5) 来评价血糖控制稳定性。结果表明, 上述指标均有显著改善, 运动有利于稳定初诊2型糖尿病患者的血糖^[92]。运动干预对2型糖尿病患者降低FPG、PPG、HbA1c、BMI效果显著, 应加强运动干预在2型糖尿病患者中的应用^[97]。

一项针对使用降糖药物治疗的2型糖尿病患者的临床试验表明, 运动治疗组患者每天晚饭后半小时规律性运动1小时(步行6千米), 降低FPG、PPG、血清胰岛素、C肽、HbA1c、血脂的作用明显高于非运动治疗组。两组治疗后有效率分别为92.5%和50%, 差别有显著统计学意义。运动可提高胰岛素的敏感性, 能有效降低血糖。一项5年的饮食及运动疗法对糖尿病患者血糖、尿糖的影响分析中指出^[93], 饮食运动规律组尿糖为(-)至(+), 而饮食运动不规律组, 尿糖为(+)至(+++)。

社区有较好的健身工作基础, 而且糖尿病患者居住集中, 在社区进行糖尿病运动治疗比在医院更有利、更便于推广。研究显示, 通过对社区糖尿病患者除常规药物治疗和饮食控制外, 结合运动疗法的综合治疗, FPG、PPG、HbA1c及血压等均得到显著改善^[94], 在社区进行糖尿病运动治疗可行、有效。

1.3.3.2 运动降低糖化血红蛋白

有研究表明, 中等强度的有氧运动处方对有效降低HbA1c、改善血糖代谢有良好的作用^[96]。Di Loreto等^[96]对340例2型糖尿病患者进行运动健身教育和指导, 与158例常规治疗组进行比较, 随着身体活动量的增加, 2年后BMI和HbA1c



得到显著改善。2型糖尿病患者无论是否伴随饮食变化，运动均可显著降低HbA1c，降低幅度接近英国前瞻性糖尿病研究中常规药物治疗和胰岛素强化治疗的结果^[97]。

1.3.3.3 运动对炎症因子的影响

近年来，很多学者经研究认为糖尿病不仅是一种高血糖疾病，也是一种慢性炎症疾病。许多炎症因子，如TNF- α 、IL-6、CRP等不但直接参与胰岛素抵抗，而且与糖尿病大血管并发症的危险因素联系紧密，在2型糖尿病的发生发展进程中起着重要作用。其中TNF- α 是重要的启动因子，可致IL-6、CRP等因子反应性增加。多项研究表明，运动者与不运动者相比血中TNF- α 、IL-6、CRP等炎性介质显著下降，可达20%~60%^[98]。

1.3.3.4 运动改善脂质代谢

长期、系统、针对性的康复运动，能使糖尿病患者心肺功能增强，肌肉收缩能力增加，体脂减少，血压稳定，糖耐量和脂类代谢得到良好改善。诸多的临床研究^[99-105]证实，运动疗法能使糖尿病患者的FPG、PPG、TC、TG明显降低，增加高密度脂蛋白胆固醇与低密度脂蛋白胆固醇比值。促使低切变率全血黏度、血浆黏度、红细胞聚集指数、红细胞压积下降，红细胞变形指数升高，明显改善血液流变性的作用^[106]。此外，运动对糖尿病患者肾脏功能亦有

改善作用，老年2型糖尿病患者在接受运动治疗后，血液中 β_2 -微球蛋白与运动前及非运动组相比，均有显著下降^[107]。



1.3.4 阻止和减轻并发症

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.系统、长期中等强度的有氧运动对防治糖尿病心肌病变、脑血管病变、肾脏病变、眼底病变等多种并发症有非常重要的意义	A	RCT研究
2.运动可增强神经传导功能，从而改善周围神经病变，包括糖尿病足	B	单个队列RCT研究
3.定量能量消耗运动处方在内的生活方式干预技术可以显著改善2型糖尿病患者的糖脂代谢	B	单个队列RCT研究

长期、系统中等强度的有氧运动，可调整机体多系统的功能活动，改善血糖及血脂代谢，增强机体的代谢水平，对防治糖尿病患者由于糖代谢紊乱而导致的心肌病变、脑血管病变、肾脏病变、眼底病变等多种并发症有非常重要的意义^[108]。糖尿病慢性并发症的病理原因，实际都是对应器官的血管粥样硬化病变，肾、眼、足病是以微小血管为主，脑、心脏病变是以大、中血管为主。而导致动脉硬化的直接原因不在于血糖的高低，而在于血脂的多少，尤其是高密度脂蛋白（以下简称HDL）的多少和氧化的低密度脂蛋白（Ox-LDL）状况。2010年，据美国糖尿病协会（ADA）统计数据显示，病程3年以上的糖尿病患者，出现并发症的几率在46%以上；5年以上的糖尿病患者，出现并发症的几率在61%以上；10年以上的糖尿病患者，出现并发症的几率高达98%。各种形式的运动均能降低糖尿病患者HbA1c的水平，其效果与饮食、药物及胰岛素治疗相当^[109]。研究证明，有

氧运动能减少需要长期治疗的高血压患者的血压波动^[110]。

外周神经病变为主的糖尿病并发症，包括糖尿病足病，运动可增加热量的消耗，调节神经内分泌激素，减轻体重，提高胰岛素的敏感性，进而控制血糖，改善脂质代谢，增加纤溶作用，增强神经细胞营养，起到促进其生长，增强神经传导功能的作用，从而改善周围神经病变^[111]。运动和平衡训练对于防治糖尿病神经病变有益，长期运动可以降低神经病变风险^[112]。有研究表明，推拿配合抗组训练能有效改善糖尿病患者的踝臂指数和震动感觉阈值^[113,114]。非负重运动治疗有利于糖尿病足溃疡的愈合，疗效优于单纯常规治疗及局部治疗^[115]。

研究发现，包括定量能量消耗运动处方在内的生活方式干预技术，可以显著改善2型糖尿病患者的糖、脂代谢，降低医药费用^[116]。对初发2型糖尿病患者饮食和运动等干预时间越早，患者糖脂代谢和体质改善越明显^[117]，FPG、PPG、HbA1c、甘油三酯、总胆固醇，以及患者BMI，均可通过运动治疗而改善。



1.3.5 改善生活质量

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.运动可改善焦虑抑郁情绪	A	RCT研究
2.运动可改善生理机能和社会状态	A	RCT研究
3.运动是2型糖尿病患者生活质量直接的保护因素	B	单个队列RCT研究
4.生活质量已广泛应用于糖尿病领域，且是评价糖尿病病情的重要指标之一	D	专家意见

随着科学的发展，生活质量已广泛应用于糖尿病领域，且是评价糖尿病病情的重要指标之一^[118]。有研究表明，2型糖尿病患者的预期寿命因生活质量下降比健康人约少10年。这提示我们要重视提高2型糖尿病患者生活质量的研究^[119]。运动是2型糖尿病患者生活质量直接的保护因素^[120]。

糖代谢控制不佳与抑郁呈显著相关^[121]，且抑郁程度越严重，糖代谢控制越差，尤其以FBG、HbA1c为著。系统性自我管理教育能有效改善社区2型糖尿病患者生活质量及焦虑、抑郁情绪^[122]。一方面，运动可增强机体抵抗力，改善胰岛素抵抗，有效控制血糖，减轻病情。另一方面，运动能够改善情绪，增强自信。喜爱运动的人，能以更乐观、积极的态度面对疾病，心理适应能力强。

实施运动疗法后的糖尿病患者不但FPG、PPG、血脂水平有明显下降，患者的BMI、腰臀比、体质指标（包括肺活量、握力、背力、坐位体前屈等）、静息心率、耐力指标等，均可通过运动治疗得到改善^[123]。有氧运动对老年2型糖尿病患者生活质量、代谢调节、生理机能和对糖尿病态度

的影响,说明有氧运动可以明显改善老年2型糖尿病患者生活质量、OGTT和耐力^[124]。

采用健康调查表SF-36对2型糖尿病患者进行问卷调查,结果为多因素强化干预方案可提高新诊2型糖尿病患者血糖、血脂和血压达标率,改善其生活质量,并且比常规干预方案更经济^[119]。对2型糖尿病患者的生活质量与运动干预进行相关性研究,随机抽取2型糖尿病患者进行运动干预,并在运动前后进行对照观察。结果表明,运动干预后,患者各项生化指标基本控制在正常范围,并发症有较大的改善同时,干预后患者躯体症状、心理状态、社交活动等各方面的生活质量比干预前有显著提高^[125]。说明运动可以提高2型糖尿病患者的生活质量。

家庭支持状况直接影响糖尿病患者的生活质量^[126]。医护人员应重视对糖尿病患者家庭成员的教育,以提供高质量的家庭支持,促进患者生活质量的提高。

1.3.6 经济效益

1.3.6.1 医院

推荐意见

推荐意见	推荐级别	证据
1.确诊糖尿病的患者应尽早介入运动治疗	D	专家意见
2.运动疗法的开展增加了医疗机构治疗糖尿病的手段,节约了社会医疗资源,增加了医疗机构经济及社会效益	D	专家意见
3.二级及以上综合医院均应开展糖尿病运动疗法	D	专家意见

糖尿病患者运动疗法介入已是国际糖尿病防治的流行趋势。毋庸置疑

疑,运动疗法的开展增加了医疗机构治疗糖尿病的手段,填补了医疗机构在防治糖尿病方面的短板,且投资风险小,治疗成本低,节约了社会医疗资源,无形中增加了其经济及社会效益。因此,二级及以上医院均应开展糖尿病运动疗法,并培养社区及全科医生掌握糖尿病运动疗法的适应证、禁忌证及运动处方的制定与修改。推广以运动疗法辅助甚至替代药物控制血糖的方法,改善糖尿病患者的预后。

1.3.6.2 患者

推荐意见

推荐意见	推荐级别	证据
1.对病情稳定的糖尿病患者,应该坚持社区运动康复训练,较住院治疗节约成本	A	1b: RCT研究
2.运动疗法形式多样、易于开展、依从性较好、费用低廉,提高了血糖控制的有效性 & 糖尿病患者的生活质量,总体上必然降低长期服药及其住院的费用	D	专家意见
3.1型、2型糖尿病患者排除运动禁忌证者均应参与一定的运动训练	D	专家意见

通过运动训练的形式控制血糖,对广大糖尿病患者来说无疑是较好的选择,不但可以辅助控制血糖,而且通过长期运动训练,形成了良好的生活习惯,改善了生活方式。运动方式的多样性及自由选择,在社区中易于开展,既增加了糖尿病患者控制血糖的途径,又增强了患者参与的依从性,提高了血糖控制的有效性 & 糖尿病患者的生活质量,总体上必然降低长期服药及其住院的费用^[116]。推荐1型和2型糖尿病患者,排除运动禁忌证

者，均应参与一定的运动训练，以达到控制血糖、增强体质、改善生活质量的目。对于确诊的糖尿病患者，有研究证据表明，社区康复较住院康复更能有效地节约治疗成本^[127]。

1.3.7 不同运动处方对糖尿病治疗效果的影响

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.血糖峰值时间前30分钟开始运动，以3.3METs的强度运动40分钟，可使2型糖尿病患者餐后峰值血糖显著降低；在所设定的各种条件下，餐后运动均可使血糖曲线下面积降低	A	RCT研究
2.不同的运动方式只要能量消耗相等，运动降低血糖的效果就是一样的	A	RCT研究
3.建议2型糖尿病患者的最佳运动方案为有氧运动与抗阻训练相结合	D	专家意见
4.糖尿病患者年龄大于40岁、病程超过10年、有心血管病症状与体征应当通过运动试验获得靶心率	D	专家意见

1.3.7.1 运动形式

从目前关于运动与糖尿病的研究成果来看，有氧运动和抗阻训练是糖尿病患者运动方式的良好选择，建议2型糖尿病患者的最佳运动方案为有氧运动与抗阻训练相结合^[128]。有氧运动和抗阻训练的混合运动对2型糖尿病患者的血糖控制效果更好，尤其对于血糖控制不良者^[129]。每周最好进行2次肌肉运动如抗阻训练，训练时阻力为轻或中度。联合进行抗阻训练和有

氧运动可获得更大程度的代谢改善^[130]。虽然有氧运动在代谢其他方面有改善作用，但在糖耐量和血糖长期控制方面作用并不显著^[131, 132]。相对于常规有氧运动，完善的抗阻训练方案，可动员更多的肌群参与运动^[133]。

糖尿病患者的有氧运动项目以中低强度的有节奏的节律性运动为好，可选择散步、慢跑、骑自行车、游泳，以及全身肌肉都参与活动的中等强度的有氧体操（如医疗体操、健身操、木兰拳、太极拳）等。还可适当选择娱乐性球类活动，如乒乓球、保龄球、羽毛球等^[134]。

有学者报道，餐后90分钟进行运动与餐后60分钟或30分钟进行运动相比，对2型糖尿病患者的即时降糖作用最强^[135]。不同运动方式对患者的运动前后的血糖及血糖差值未见显著性差异，提示运动方式并不是糖尿病患者血糖控制的决定因素，不同的运动方式只要能量消耗相等，运动降低血糖的效果就是一样的^[136]。

肥胖型糖尿病患者的运动疗法可以选择上述各类活动。但运动强度宜偏低，运动时间宜适当延长。可根据患者的特点和爱好进行选择。

1.3.7.2 运动强度

运动时运动强度的大小直接关系到2型糖尿病和肥胖型糖尿病患者不同的锻炼效果，应注意区别对待。运动强度较低的运动，能量代谢以利用脂肪为主；运动强度中等的运动，则有明显的降低血糖和尿糖的作用。为确保锻炼安全有效，运动强度必须控制在已确定的有效范围之内，超过80%VO₂max的运动存在一定的危险性；小于50%VO₂max的运动对老年人和心脏病患者适宜。中老年糖尿病患者，由于并发症较多，以50%~60%VO₂max的强度运动比较适宜^[137]。为了安全运动，原则上要求年龄大于40岁、病程超过10年、有心血管疾病症状与体征的糖尿病患者，应通过运动试验获得靶心率^[138]。

研究表明, 较长时间的有氧运动(6周)能够降低糖尿病大鼠肝脏TNF- α 含量, 改善肝脏炎症状态, 同时改善糖尿病大鼠的糖代谢紊乱和胰岛素抵抗, 延缓糖尿病的发展^[139]。

在高强度的抗阻训练中, 随着阻力的增大, 运动强度可达80%~100%RM, 往往运动时间持续较为短暂。有研究表明^[140], 对于年龄在55~80岁的患者进行高强度抗阻训练, 血糖控制非常理想, HbA1c水平也显著降低。

抗阻训练能改善糖尿病患者的糖脂代谢, 在某些方面甚至优于有氧运动。在评价重复型(Circuit-type)抗阻训练的作用时发现, 抗阻训练使HbA1c下降8.2%~8.8%, 且并不伴有体重或VO₂的改变。

低、中等强度抗阻训练(30%、50%最大负重运动训练)能提高大鼠衰老进程中机体胰岛素敏感性, 改善体内糖代谢调节, 从而预防、延迟胰岛素抵抗的产生^[141]。

1.3.7.3 运动时间

每次运动应有运动前5~10分钟的准备活动及运动后至少5分钟的放松活动。运动中有效心率的保持时间必须达到10~30分钟。由于运动时间和运动强度配合, 影响运动量的大小, 所以当运动强度较大时, 运动持续时间应相应缩短; 强度较小时, 运动持续时间则适当延长。对于年龄小、病情轻、体力好的患者, 可采用前一种较大强度、短时间的配合, 而年老者 and 肥胖者采用一种运动强度较小、持续时间较长的运动较为合适。

在血糖峰值时间前30分钟开始运动, 以3.3METs的强度持续运动40分钟, 可使2型糖尿病患者餐后峰值血糖显著降低。在所设定的各种条件下, 餐后运动均可使血糖曲线下面积减少, 运动对改善糖尿病病史5年以上和BMI值大于26的患者血糖效果更明显^[142]。

1.3.7.4 运动频率

2型糖尿病的防治依赖于有条理的生活模式, 包括减少能量摄取(如每日减少300~500千卡)、规律的每日锻炼(30分钟的有氧锻炼)、减少大于7%的体重^[143]。运动应该持之以恒, Goodyear^[144]研究发现, 如果运动间歇超过3天, 已经获得的胰岛素敏感性会降低, 运动效果及积累作用就减少。运动频率一般以1周3~7天为宜, 具体视运动量的大小而定。如果每次的运动量较大, 可间隔一两天, 但不要超过3天, 如果每次运动量较小且患者身体允许, 则每天坚持运动1次最为理想。

1.3.7.5 运动注意事项

运动强度不可过大, 运动量过大或短时间内剧烈运动, 会刺激机体的应激反应, 导致儿茶酚胺等对抗胰岛素作用的激素分泌增多, 血糖升高, 甚至诱发糖尿病性酮症酸中毒, 对控制糖尿病病情十分不利^[145]。

若运动中患者出现了诸如血糖波动较大, 疲劳感明显且难以恢复等不适应的情况, 则应立即减小运动强度或停止运动。

活动量大或剧烈运动时应建议糖尿病患者调整饮食及药物, 以免发生低血糖。



2. 糖尿病运动治疗的实施

2.1 主要原则

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1. 糖尿病的运动治疗需掌握其适应证及禁忌证	B D	指南推荐 专家意见
2. 糖尿病患者的运动处方应以中等强度、有氧运动为主、每周至少3次、每次不低于20分钟的基础上，强调多样性和趣味性	B D	指南推荐 专家意见
3. 糖尿病的运动处方针对患者的个体情况进行个性化的制定，做到因人而异	B D	指南推荐 专家意见
4. 糖尿病患者运动处方的制定，并发症的处理等过程需要包括康复医师、糖尿病专科医师、运动治疗师在内的专业人员的指导	B D	指南推荐 专家意见
5. 糖尿病运动治疗应贯穿于糖尿病全过程	B D	指南推荐 专家意见
6. 糖尿病运动需监测运动强度，运动实施的情况，患者机体对运动的反应，包括血糖的反应、心肺的反应等，以及用药的变化，运动后的恢复期监测	B D	指南推荐 专家意见
7. 糖尿病的运动治疗计划的调整应遵循由少至多，由轻至重，由稀至繁，有周期性，适度恢复的原则	D	专家意见

2.1.1 安全性

安全性指合理的运动治疗改善糖脂代谢的同时，避免发生因不恰当的运动方式或强度造成的心血管事件（心绞痛发作、猝死等）、代谢紊乱以及骨关节韧带损伤。因此，糖尿病的运动治疗要严格掌握适应证和禁忌证。

糖尿病运动治疗的适应证根据有无并发症及其严重程度可分为绝对适应证和相对适应证。绝对适应证：糖耐量减低者、无显著高血糖和并发症的2型糖尿病患者。相对适应证：有微量白蛋白尿、无眼底出血的单纯性视网膜病、无明显自律神经障碍的糖尿病外周神经病变等轻度合并症的患者，在饮食指导和药物控制血糖后，再进行运动疗法；无酮症酸中毒的1型糖尿病患者，在调整好饮食和胰岛素用量的基础上进行运动治疗，能有效控制血糖在良好的水平。禁忌证：糖尿病酮症酸中毒、FPG大于16.7mmol/L、增殖性视网膜病、肾病（Cr>1.768 mmol/L）、严重心脑血管疾病（不稳定性心绞痛、严重心律失常、一过性脑缺血发作）、合并急性感染的患者^[146]。

因为糖尿病患者多合并相关并发症如心血管病、高血压、严重的外周神经病变、严重的自主神经病变、增殖前期糖尿病性视网膜病变或者增殖性视网膜病变，这使得保证运动的安全性尤为重要。对于糖尿病患者来说，因为运动治疗往往比患者日常生活的活动量要剧烈，应该首先咨询医生或者专业的运动医生根据各自的血糖控制、体能、用药和并发症筛查状况，决定是否需要进行运动前的ECG运动应激试验，以避免运动不当诱发心血管病急性事件发生或加重并发症。

此外，制定糖尿病运动处方时应当考虑患者的运动能力和水平，运动前后要有准备活动，运动后要有整理活动，以避免心脑血管意外或肌肉骨关节损伤，以保证运动过程的安全性。安排适合的运动时间以避免一些特殊情况如低血糖，并防止运动过度造成的肝肾损伤。

2.1.2 科学性、有效性

糖尿病患者的运动必须讲究科学，提倡患者进行中等强度及以下的运动。高强度运动一方面促使胰岛素拮抗激素分泌，导致血糖进一步升高；另一方面还促使血浆过氧化脂质增多，使机体处于氧化应激状态，加重原有脏器功能损伤^[147]；而中等强度及以下运动能使肌肉有效利用葡萄糖和游离脂肪酸，有利于其体内脂肪燃烧。以有氧运动为主，可适当辅以抗阻训练，并且运动间隔时间不宜超过3天^[148]。糖尿病患者应该每周至少进行中等强度有氧运动（40%~70%最大心率）150分钟。对无禁忌证的2型糖尿病患者鼓励每周进行3次抗阻训练。

中国的糖尿病患者多为餐后血糖升高，故运动应在餐后1~3小时内为宜，运动过程中要注意避免低血糖发生，运动前胰岛素或口服降糖药未减量者，运动中需注意补充糖分（如糖水或甜饮料等），胰岛素注射部位原则上以腹壁脐



周为佳，尽量避免运动肌群，以免加快该部位的胰岛素吸收从而诱发低血糖。

运动方式应根据患者自身实际情况和喜好选择，强调多样性和趣味性，运动项目要和患者的年龄、病情、社会、经济、文化背景及体质相适应，并将有益的体力活动融入到日常生活中，才能有利于糖尿病患者开始和维持运动治疗。糖尿病患者进行运动训练应持之以恒并维持终身。

2.1.3 个体化

个体化的运动治疗是指根据糖尿病患者的病程、严重程度、并发症等糖尿病本身的特征，并综合考虑患者的年龄、个人条件、社会家庭状况、运动环境等多种因素制定的运动方案。每个人的生活方式和运动习惯各有差异，经济、文化背景、居住环境以及病情特点（如并发症情况）也不相同，运动处方必须体现个体化的原则^[149]。

糖尿病患者存在下列情况时，绝对或相对禁忌进行糖尿病运动锻炼：血糖明显升高，超过16.7mmol/L，尤其是尿酮体阳性的患者暂时不宜运动，应待血糖稳定、酮体消失后再运动；明显的低血糖症或者血糖波动大，发作时血糖低于4.0mmol/L，暂时不宜运动，应待血糖稳定后再运动；并发各种急性感染，特别是发热的时候，切忌强行运动，应待感染控制后再运动；合并未控制的高血压，血压超过180/120mmHg，应待药物治疗血压稳定后再运动；合并严重心功能不全，稍微活动一下就感觉胸闷、气喘的患者，有可能活动后加重，应待药物治疗心功能稳定后再运动，但应进行心脏康复训练；合并严重糖尿病肾病，应咨询医师后选择合适的运动；合并严重的眼底病变，眼科检查提示有眼底出血者，应咨询医师后选择合适运动；合并新近发生的血栓，应先进行卒中康复训练，待病情稳定后再进行运动。

此外要询问和调查患者的日常活动方式和运动习惯，掌握患者的运动能力和日常活动的类型，决定运动量和运动种类，制定出相应的运动处方。可供选择的运动形式包括步行、慢跑、游泳、划船、功率自行车、有氧体操等，另外适当的球类活动、太极拳、木兰拳、原地跑或上下楼梯等也是有效运动方法，可根据患者的兴趣爱好及环境条件加以选择。

2.1.4 专业人员指导

专业人员包括康复医师、糖尿病专科医师、运动治疗师等，依并发症不同可有选择性地专业指导，如接受心血管科医师、神经科医师、肾科医师、眼科医师、心理科医师等指导。

糖尿病患者进行运动治疗首先应由运动医学或康复医学专业人员进行效益/风险评估，了解现病史、家族史以及现有主要并发症情况，调查患者的个人生活习惯、饮食营养状态、日常生活能量消耗分析，据此判断是否适合进行运动治疗；在此基础上根据运动耐力测试和心电运动试验结果制定运动处方，包括运动强度、时间、频率、运动类型和注意事项。为此，作为运动治疗的专业指导人员必须具有代谢内分泌生理知识、基础疾病知识、运动生理学、运动生物化学、运动营养学、运动医疗监督、运动损伤预防和处理等知识结构和应用技能，才能确保运动治疗的有效性和安全性。

2.1.5 全方位管理

糖尿病运动治疗与饮食治疗、药物治疗、糖尿病教育及心理治疗、糖尿病监测一样贯穿于糖尿病治疗全过程。医疗机构应对糖尿病前期、伴有或不伴有并发症的糖尿病患者制定个性化的运动治疗方案，运动方式和运动场所要考虑患者是否可以长期坚持，对某些特定部位的肌力训练还需要医院提供相应的器械和治疗实施场所，对于没有自主运动能力的患者应

落实被动运动的具体实施者。在长期的运动治疗过程中专业团队应定期对训练过程进行监督、检查和评估，并根据患者的情况适时调整运动量以获得最大的治疗效益。合理调整饮食和药物治疗方案并与运动治疗方案相配合。患者定期到医疗机构或有条件的运动中心进行运动效果评估。医护人员通过定期随访、集体训练、组织趣味运动比赛等形式，以及通过鼓励患



者与朋友、同事及家属一起参与运动，帮助患者培养运动习惯，利于坚持长期运动治疗^[150, 151]。

2.1.6 运动治疗的监测

运动强度是评价运动安全性及有效性的重要指标，可以通过运动全程心率、乳酸测定、耗氧量测定、患者的自我疲劳感觉、运动前后血糖监测、睡眠和精神状态及工作效率等进行评估。对运动实施的具体情况包括每天或每周的运动训练频率、运动方式、总的训练时间和达到目标心率的持续时间进行记录。记录运动结束后1分钟、5分钟心率、直至恢复至安静时心率，记录运动后心率恢复至安静时（运动前）心率所需要的时间，这也是评价运动强度和运动量、评价心肺反应能力的指标之一。监测运动前、后的血压、心率，

询问患者运动中有无不适应症状。测定运动前后血糖，了解此次运动是否导致了低血糖或高血糖，为协调运动与饮食和药物治疗方案提供指导。

运动治疗的长期疗效评估包括：①代谢指标评估，如血糖、HbA1c、胰岛素、血脂、血液黏稠度、糖尿病慢性并发症。②身体素质评估，如血压、心率、呼吸、肺活量、台阶试验。③身体形态指标评估，如BMI、腰围、臀围、皮褶厚度、体脂含量或脂肪/瘦体重比例、体脂分布。④运动能力评估，如运动试验、耗氧量测定、肌肉力量测试、肌肉柔韧性及身体的平衡能力、反应能力和协调能力测试。⑤生活质量评估，如生活自理能力、睡眠、食欲、心理状态、精神状态、工作效率、运动习惯等。

2.1.7 治疗计划调整

运动效果与运动强度和运动时间密切相关，由于个体疾病状况及运动能力的差异，因此运动训练计划要采取循序渐进的原则，并且在不同时期还要根据病情和运动能力的变化而调整计划。

由少到多原则：2型糖尿病患者开始进行有氧运动时，运动时间控制在10~15分钟以内。待身体适应后建议将运动时间提高到每次至少30分钟，以达到推荐的能量消耗标准^[152]。抗阻训练每周至少进行2次^[153, 154]，更理想的是逐渐增加至每周进行3次^[155]。

由轻至重原则：以改善胰岛素抵抗、降低血糖为运动目的的有氧运动，在运动的起始阶段，运动强度可以从最大摄氧量的50%开始，一周后增加至60%，6周后可逐渐增至最大摄氧量的70%~80%^[156, 157]。从改善心脏对运动的适应能力角度来说，更大摄氧量的运动强度训练优于较低的运动强度训练。抗阻训练开始可采用50%1RM，并逐步增加至75%~80%1RM^[153, 154, 158, 159]。

由稀至繁原则：制定运动频率要参考运动强度和运动持续时间，同时

也要结合患者的身体状况制定。如果运动强度小、持续时间短，可以从一天一次逐步过渡到多次。如果达到了中到较大强度的运动而且持续的时间至少30分钟，推荐一天1次，至少每周3次，并逐渐增加至每周五次或每天一次。抗阻训练推荐每周2~3次，隔天1次。

周期性原则：经过一段时间运动，通常3~6个月训练后患者对同样的运动强度会产生适应，需要重新调整运动方案，逐渐增加负荷量，因此需要为每个个体制定周期性的训练计划。

适度恢复原则：患者进行强度过大、时间过长的有氧运动或抗阻训练后容易产生疲劳，肌肉酸痛，因此应给予适当的休息时间，让机体的机能得以恢复。抗阻训练推荐间隔1~2天的间歇性训练，而不推荐每天训练。

2.2 实施

2.2.1 制定目标

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
专业人员应与患者一起确定运动目标，遵循“循序渐进”的原则	D	专家意见

专业人员与患者一起确定运动目标，包括短期目标（1个月）、中期目标（3个月）和长期目标（6个月）。无论哪一期的目标，对患者来讲都应是容易实现的，从而增强信心。例如，对于没有运动习惯的人，短期目标可以是完成10~20分钟不间断的散步或有氧器械运动，或是1个月内体重减掉5斤；而长期目标则可以是确定一个具体的体重、脂肪含量或腰围目标，把血糖和胰岛素水平控制在正常的范围之内。

应在医生许可和患者愿意参与运动状况下，为不同的患者设定适合他

们运动行为改变的目标。设定目标要遵循“循序渐进”的原则。在开始阶段采取低强度的体育活动，之后逐渐增加运动强度。过高的目标会给身体带来不适或损伤，甚至损害健康，从而令人失望、沮丧，产生挫败感，以至于依从性差；过低的目标容易令人乏味，逐渐退步，不愿意积极参与。

总之，帮助患者设定循序渐进的运动目标，使之保持对运动的积极性而逐渐坚持下去，从而达到让运动成为患者生活的一部分，使其身心处于良好状态的最终目标。

2.2.2 运动治疗的前提

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.应在较大的医疗中心，如三级医院或糖尿病管理中心建立专业的指导队伍。该专业队伍可提供直接的指导，或通过社区和下一级医疗机构提供间接的指导，以确保患者运动的有效性和安全性	D	专家意见
2.由患者与医务人员在专业队伍的指导下完成个体化的评估	D	专家意见
3.有条件者宜采用室内与室外、有器械与无器械、有专业指导与无专业指导和自主以及群体和个体相结合的运动方式	D	专家意见
4.运动治疗需准备适当装备	D	专家意见

2.2.2.1 专业的指导队伍

专业的指导队伍应建立在较大的医疗中心，如三级医院或糖尿病管理中心。该专业队伍可提供直接的指导，或为社区和下一级医疗机构提供间接的指导。构建一个由患者-社区/初级医疗机构-糖尿病管理中心组成的糖尿病治疗网络。

专业人员给予患者指导和建议，帮助患者建立或调整运动计划。其建议应包括运动的好处和风险，以及对患者运动的个体化建议。例如，针对胰岛素治疗患者应对如何加强血糖监测、以及不同运动强度对于饮食及胰岛素用量调整给予具体指导。因此，必须建立专业的糖尿病运动指导团队，以确保患者运动的有效性和安全性。

2.2.2.2 个体化的评估

个体化的运动评估应在专业队伍的指导下完成，评估内容包括：医学评估、运动基础状况评估、日常运动状态评估、运动可行性评估等。

● 医学评估

1) 评估病史：糖尿病患病史、相关并发症及治疗史、高血压病史、心脏病史及家族史、脑血管疾病史、肌肉骨骼及关节疾病史、吸烟和饮酒史等。

2) 体格检查：测量身高、体重、腰围和臀围、血压、心率；涉及到各系统并发症评估（包括心电图/超声心动检查、大血管风险评估、眼底及足部检查等）；血生化全项、血常规、尿白蛋白、HbA1c、OGTT及胰岛素水平和敏感性评估；甲状腺功能检查等。

3) 其他控制手段评估：如药物治疗、饮食控制等。

● 运动基础状况评估

对运动的认识，参加体力活动的态度；机体对运动的反应；既往体力活动水平及耐受能力。

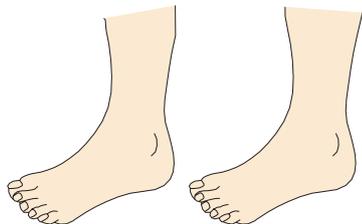
- c) 是否有糖尿病肾病? 是 否
如是, 第_____期? 尿A/C=_____
- d) 是否有酮症酸中毒? 曾经有 现在有 否
如有, 尿酮体_____
- e) 是否有高渗性昏迷? 曾经有 现在有 否
- f) 是否有乳酸性酸中毒? 曾经有 现在有 否
- g) 是否有低血糖的发生? 曾经有 无
如有, 发生_____次/月
- h) 是否有神经病变发生? 手足麻木 肢体疼痛 间歇性跛行
- i) 是否有骨关节疾病史: 有 无

治疗情况

- 口服药: 磺脲类 双胍类 α -糖苷酶抑制剂
胰岛素增敏剂 胰岛素 中药
- 依从性: 好 一般 差 很差
- 胰岛素: 已治疗____年 最大用量____ U/D 一般用量____ U/D
开始时间____年__月__日
胰岛素剂型:____ 给药方式: 注射器 笔 泵
- 坚持程度: 好 一般 差 很差

足部评估

部位:



10克尼龙单丝压力下, 保护性感觉丧失处, 打“√”

- 足部皮肤颜色改变 足背动脉搏动减弱或消失 皮肤破溃
坏疽 鸡眼 胼胝 甲沟炎 真菌感染 足弓异常
趾甲增厚或脆薄变形

糖尿病运动评估

(1) 运动知识:

a) 关于糖尿病患者运动, 下列何种说法是正确:

- ① 身体不适时, 也要坚持运动 ② 清晨空腹运动
③ 饭后1~1.5小时运动 ④ 锻炼要充分, 到力竭为止

b) 下面哪种运动适宜老年糖尿病患者

- ① 跑步 ② 游泳 ③ 乒乓球 ④ 步行 ⑤ 举重

c) 一次运动持续时间应掌握在

- ① 5~10分钟 ② 10~20分钟 ③ 30~60分钟 ④ 越长越好

(2) 运动状态评估:

平时是否有运动习惯: 是 否

如是, 运动项目是: 散步 太极 舞蹈 爬山

打球 其他_____

运动的频率与时间: 每周次数_____, 每次时间_____ (分钟)

运动强度: 高 中 低

2.2.2.3 条件

糖尿病的运动治疗要根据前述的主要原则进行。低强度运动包括日常的体力活动, 无需特殊条件。有条件者宜采用室内与室外、有器械与无器械、有专业指导与无专业指导和自主以及群体和个体相结合的运动方式。

2.2.2.4 必要装备

● 穿戴：便于活动的运动服装；合脚、舒适的运动鞋和袜，要注意鞋的透气性和密闭性，袜子吸汗、袜口宽松；手表或计时器，便于掌控时间；计步器，掌握步行运动量；饮用水，以补充运动中出汗所丢失的水分；擦汗用手帕或毛巾等。

● 运动装备：各种运动器械（场馆内或社区露天配置）、自行车、跳绳、小哑铃、沙袋、乒乓球和拍、羽毛球和拍、网球和拍、篮球、足球等，以及各种民间体育活动相关用具，如毽子等。

● 医疗装备：急救卡、心率/血压检测仪、便携式血糖仪、计时器、糖块、急救用药等。

2.2.2.5 推荐装备

除了以上提及的穿戴外，在需要运动装备的项目中建议采用以下装备：

- 易于采用的装备：计步器、跳绳、羽毛球和拍、弹力带。
- 民间体育活动装备：毽子、飞盘、板球、回力网球/太极板球。

2.2.2.6 资料准备

评估资料：包括医学体检、体力活动能力、对运动持有的态度、对相关知识的解程度、日常活动状况或运动习惯的评估。以记录表格或问卷的形式体现。

● 运动处方（表 2）：包括长短期目标设定（肥胖者减重目标），运动方

表2 运动处方

姓名：	性别：	年龄：	诊断：	病历号：
运动方式：	强度：	频率：	时机：	每次运动持续时间：

式、频率、时机、运动持续时间、强度等。

● 运动日记（表 3）：体现运动处方各项内容、自我血糖监测结果、运动中的感觉（舒适/乏力/任何不适）、每次运动前后饮食状况和用药情况等。

表3 患者运动情况记录表部分内容

姓名：		性别：		年龄：		编写：			
日期	运动 哪 餐 后 时 机	饮 食 内 容	用 药 情 况	运 动 方 式	持 续 时 间	运 后 动 前 血 压	运 后 动 前 血 糖	运 后 动 前 心 率	运 的 动 感 中 觉

● 运动相关宣教手册，以及安全小贴士等。

● 运动进程反馈表（表 4）：患者与专业人员保持联系、适时激励、跟进与指导、帮助患者建立信心等。

表4 糖尿病运动教育反馈记录

姓名：		性别：		年龄：		编写：		
反 馈 日 期	反 馈 方 式	运 动 之 正 确 处	运 动 之 欠 缺 处	进 一 步 指 导 内 容	激 励 措 施	患 者 信 心 态 度	反 馈 者 签 名	

2.2.3 运动方案

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.运动处方的内容主要包括：运动强度、运动项目、运动时机、运动持续时间、运动频率等	B D	指南推荐 专家意见
2.糖尿病患者执行运动处方时所选择的运动方式应基于每个人的健康程度和平时的运动习惯	B D	指南推荐 专家意见
3.合理的运动频率是大约每周3~7天	B D	指南推荐 专家意见
4.推荐每次20~60分钟的有氧运动，但不包括热身和结束后的整理运动	B D	指南推荐 专家意见
5.运动强度应该根据患者的目标量身定制。对于有氧运动来说合理的强度应该是其最大摄氧量的40%~70%。身体状况欠佳的患者应从最大摄氧量的40%~50%开始	B D	指南推荐 专家意见

糖尿病患者运动治疗的目标是通过运动增强骨骼肌对葡萄糖的利用，促进身体组织局部血液循环，增加机体组织对胰岛素的敏感性，使机体在血浆胰岛素较低水平的情况下能够维持正常的血糖代谢，使机体糖代谢得到改善，以缓解糖尿病的症状^[146, 160]。

糖尿病的运动疗法泛指任何体力活动，一般是指长期的、适度的、持续性的慢性运动。合理的运动能起到治疗作用，不合理的运动则对身体健康无益，甚至可对身体产生意外伤害。不同疾病对运动疗法的要求不一，

对糖尿病患者在实施运动处方时，必须要达到治疗目的^[147]。为了充分体现运动疗法的个体差异及其效果，需根据每个人的身体状况制订相应的运动处方^[161]。个人状况包括：年龄、性别、健康状态、生活及运动习惯及爱好；运动处方的内容主要包括：运动强度、运动项目、运动时机、运动持续时间、运动频率等^[162]。

在给予糖尿病患者运动处方之前，首先要对接受处方的患者进行系统的身体检查，并了解其生活方式和运动习惯。身体检查主要包括检查患者是否患有慢性病及有无禁忌运动的情况，其中心脏功能测验是必测项目。当条件许可时，建议采用功率自行车或活动平板做运动心电图测验，也可作二阶梯试验，运动基础较好者可作库珀氏12分钟跑测验^[163]。然后根据各项检查结果，结合性别、年龄及运动经历做出运动处方，并对处方的执行做具体指导。

糖尿病运动疗法的形式主要包括：步行、慢跑、游泳、太极拳等。患者可根据自身的情况任选1~2项，其中步行是目前国内外最常用的，应作为首选^[164, 165]。



运动强度对运动效果和患者安全有直接影响。运动强度掌握得合适，是制定和执行运动处方的关键。反映运动强度的生理指标包括：运动时的心率、运动时摄氧量占最大摄氧量的百分数、运动时代谢率为安静时代谢率的倍数（梅脱，MET）等^[166]。这些指标相互间有着密切的关系，但为了方便，常用心率作为标准。处方应明确规定运动中应达到和不宜超过的心率，运动时多用计数脉搏的方法来掌握（测10秒钟脉搏×6）。心率标准依年龄而不同，见表5。

表5 运动强度与最大摄氧量、心率的关系

强度	最大摄氧量 %	梅脱 (MET)	心率(次/分)				
			20~29 岁	30~39 岁	40~49 岁	50~59 岁	60岁 以上
较高	80	10	165	160	150	145	135
	70	8	150	145	140	135	125
中等	60	6.5	135	135	130	125	120
	50	5.5	125	120	115	110	110
较低	40	4.5	110	110	105	100	100
	30	3	100	100	95	90	90

注意事项：医生首先要明确患者应避免参加的运动项目、训练时自我观察的指标以及当指标出现异常时运动终止的标准等。制订及执行运动处方时，都应贯彻循序渐进和区别对待的原则，以确保安全。运动是患者已经参与的不同等级强度的体育活动，在决定将体育运动融入患者的生活中时，患者应掌握简要的个人目标分析。医生应充分了解患者的诉求，针对性的推荐运动方式，应基于个体健康状况，舒适程度以及个人目标等^[167]。见表6。

表6 运动前个人健康史的评估内容

现在和过去的运动习惯（方式、频率、强度、持久力）
目前的对锻炼的积极性和主要障碍
偏爱的体育运动项目
关于锻炼的风险和益处的看法
心脏疾病的风险因素（高血压、糖尿病、高血脂、55岁前患心脏病的家族史）
因身体原因某些运动受限
运动诱发的身体不适症状
并发疾病（心脏、肺、骨骼肌肉、血管、精神方面等）
对参与锻炼的社会支持
时间和计划表的考虑
用药史

2.2.3.1 运动选择

糖尿病患者执行运动处方时所选择的运动方式应基于每个人的健康程度和平时的运动习惯。其中最有效的有氧运动是运用大肌肉群完成持续或间歇的运动^[168]。主要包括步行、慢跑、自行车、游泳、跳绳、划船和爬楼梯。运动方式的选择还取决于是否有相关的运动设施可供使用，如体育馆、游泳池、健身中心等。表7和表8分别列举了不同运动方式及其各自的优点，其中大多数运动在中等或中等以下强度时都会对健康有益，但其增强对心肺功能不一定有效果，如要增强心肺功能，应增加运动强度。

表7 建议推荐的身体运动方式

不同人群	基于大众健康的个人目标	推荐运动方式的选择
低运动强度的个人	灵活性 健康收益 身体状态	逐渐增加日常活动和伸展运动 逐渐开始低至中等强度的运动休闲锻炼 逐渐开始中等强度锻炼（有氧运动）
中等运动强度的个人	灵活性 健康收益 身体状态 肌肉强度和耐力	继续调节性锻炼/伸展 继续低至中等强度的运动休闲锻炼 继续中等强度锻炼（有氧运动） 逐渐开始并坚持抗阻训练
较高运动强度的个人	灵活性 健康收益 身体状态 肌肉强度和耐力 竞技体育	继续调节性锻炼/伸展 目标已完成 继续高强度锻炼（有氧运动） 继续抗阻训练 加入竞技体育社团

2.2.3.2 频率

合理的运动频率大约是每周3~7次。具体视运动量的大小而定。如果每次的运动量较大，可间隔一两天，但不要超过3天，如果每次运动量较小且患者身体允许，则每天坚持运动1次最为理想。

2.2.3.3 持久力

对于提高心肺功能和最大摄氧量的耐力训练的要求与对运动强度的要求正好相反。随着训练强度的增加，实现提高心肺功能的耐力训练时间越短。低强度、长时间的运动计划可以收到与高强度、短时间运动同样的效果。目前推荐每次20~60分钟的有氧运动，但不包括热身和结束后的整理运动。因为频率的关系，如果有氧运动超过60分钟，会增加关节损伤的概率^[169]。

为了避免急性损伤，应该在数周到一个月的周期运动后逐渐增加运动频率、时间和强度。

表8 运动方式选择指南

目的	肌肉强度	肌肉耐力	心肺耐力	灵活性	体重指数	速度/灵敏	协调
有氧运动		√	√	√	√		√
自行车		√	√			√	
健美操		√		√	√	√	√
高尔夫							√
滑雪	√	√	√	√	√		√
慢跑		√	√		√		
壁球			√	√	√	√	√
爬楼梯		√	√				
伸展				√			
游泳		√	√	√	√		√
快速走			√				
举重	√	√				√	√

2.2.3.4 强度

确定运动强度是运动处方中的关键问题，运动强度应该根据患者的目标量身定制。对于有氧运动来说合理的强度应该是其最大摄氧量的40%~70%。身体状况欠佳的患者应从最大摄氧量的40%~50%开始^[170]。

训练强度可以运用几种方式安排，最常用的包括目标心率（THR）、计算最大摄氧量、主观体力感觉范畴的设定^[171]。在最大运动强度情况下，

心率和摄氧量呈线性相关^[172]。因此，多数情况下是通过心率间接推测患者的摄氧量。

计算THR的替代方法是使用储备心率（HRR）等式。首先，计算最大心率（MHR），用220减去年龄。第二步，决定静态心率（RHR）。第三步，计算储备心率（HRR）。HRR是MHR减去RHR。THR是训练强度（TI，通常为60%~80%）与HRR的乘积再加上RHR。

$$\text{THR} = (\text{MHR} - \text{RHR}) \times \text{TI}\% + \text{RHR}$$

$$\text{最大心率} = 220 - \text{年龄}$$

$$\text{储备心率} = \text{最大心率} - \text{静态心率}$$

$$\text{目标心率} = \text{储备心率} \times \text{训练强度} + \text{静态心率}$$

心率： 次/分钟； 年龄： 岁； 训练强度：

最大摄氧量百分比：如中等强度为40%~70%VO₂max

2.2.3.5 运动时机

糖尿病患者按照运动处方所建议的运动进行训练时应特别注意时机的选择。不要在注射胰岛素和/或口服降糖药物发挥最大效应时做运动训练；胰岛素依赖型糖尿病患者不要在空腹时进行运动等。为预防糖尿病患者发生运动性低血糖现象，建议患者在进行运动时，身上常备些快速补糖食品（如糖块、含糖饼干等），以便及时补充糖分、预防低血糖昏迷的发生。

2.2.3.6 运动处方实例

医生针对糖尿病患者的运动处方应根据患者个体的健康、体力状况以及心血管系统功能状态，为患者规定适当的运动种类和运动负荷。下面以不同运动方式为例分别给出一组不同强度运动处方的参考实例：

A. 一组低强度有氧运动处方

（1）运动目的：增加人体脂代谢，增强有氧运动能力，降低心血管疾病风险，降低体重和减少体脂含量。同时，可减少患者胰岛素用量，增加机体组织对胰岛素敏感性。

（2）运动项目：中速走（70~80米/分钟）或健身走（90~100米/分钟）

（3）运动强度：低、中（以目标心率或主观身体感觉计算）

（4）运动时间：10~15分钟/天

（5）运动频率：3~4天/周

B. 一组中强度有氧运动处方

（1）运动目的：增加人体糖、脂代谢，增强有氧运动能力，增强循环呼吸功能，降低心血管疾病风险，减体重和降低体脂含量，减少胰岛素用量，增加机体组织对胰岛素敏感性。

（2）运动项目：健身走或慢跑（110~120米/分钟）

（3）运动强度：中、高（以目标心率或主观体力感觉计算）

（4）运动时间：30分钟/天

（5）运动频率：4~5天/周

C. 一组高强度有氧运动处方（患心血管合并症者禁用）

（1）运动目的：增强机体糖、脂代谢，提高有氧和无氧运动能力，增强循环呼吸功能，控制体重和降低体脂含量，减少胰岛素用量，增强机体组织对胰岛素敏感性。

（2）运动项目：健身走或中速跑（120~140米/分钟）

（3）运动强度：高（以目标心率或主观体力感觉计算）

（4）运动时间：30分钟/天

（5）运动频率：3~4天/周

D. 一组协调运动处方

（1）运动目的：提高反应判断力，发展平衡能力及协调能力。

(2) 运动项目:

- a) 按口令做相反的动作
- b) 加、减、乘、除简单运算后, 按得数进行抱团组合活动
- c) 一对一互看对方背后号码游戏
- d) 跳绳、踢毽
- e) 打手心手背, 叫号留人、追逃游戏
- f) 燕式平衡、侧搬腿平衡、单腿跳、原地跳转、前后、左右、交叉

的快速移动、单脚为轴的前后转体的移动, 右左侧滑步移动

- (3) 运动强度: 中、高 (按目标心率和主观体力感觉计算)
- (4) 运动时间: (2~3次) × (2~3组), 组间休息5~7分钟
- (5) 运动频率: 3~5天/周

E. 一组中、高强度抗阻训练处方

(1) 运动目的: 增加机体糖、脂代谢, 增强骨骼肌力量, 减少骨骼肌间脂肪沉积。

(2) 运动项目: 举重物或其他抗阻训练, 如器械练习阻力达本人最大力量的50%~75% 以上^[173]。

- (3) 运动强度: 中、高 (按RM%计算)
- (4) 运动时间: 30分钟/天
- (5) 运动频率: 2~3天/周

F. 一组体操

(1) 运动目的: 作为有氧运动或抗阻训练前/后的热身/恢复运动, 增强骨骼肌的柔韧性, 有利于防止运动损伤的发生。

(2) 运动项目: 广播体操、太极拳、有氧舞蹈等 (有节奏、速度较快的动作方式, 多次重复的拉伸练习), 各种伸臂、踢腿练习, 各种摆腿练习等。

(3) 运动强度: 练习幅度由小到大

(4) 运动时间: 每个动作练习2×8拍

(5) 运动频率: 3~5天/周

G. 一组混合运动处方

(1) 运动目的: 增加机体糖、脂代谢, 增强心肺功能。减少胰岛素用量, 增加机体组织对胰岛素的敏感性。

(2) 运动项目: 篮球、足球、羽毛球等。另外, 也可将高强度运动和中低强度运动结合起来进行。

- (3) 运动强度: 中、高 (按目标心率和主观体力感觉计算)
- (4) 运动时间: 30~60分钟/天
- (5) 运动频率: 3~5天/周

下面以健身走为例, 介绍糖尿病患者 (无其他合并症) 运动处方的具体实施方法 (以田径场400米跑道为单位递增距离, 或用配备距离显示器的跑台计算距离):

第一阶段: (初始期)

第一周 练习前用中慢速度走5分钟, 然后用中速走1600米/天, 3天/周。练习的距离和强度都不变, 稍微感觉疲劳即停止, 持续2周。

第三周 距离增加到2400米/天, 不计算练习时间, 要保证完成行走距离。3天/周, 持续3周。

第六周 距离增加到3200米/天, 不计算练习时间, 保证完成行走距离, 3天/周。

注: 以上训练距离如过大, 可将其分2~3次完成。当患者身体已适应此强度即可以开始第二阶段训练。

第二阶段: (适应调整期)

第一周 中速走3200米/天, 3天/周。训练强度略加大, 开始计算训练

时间，持续2周。

第三周 距离增加到4000米/天，3天/周，持续3周。

第六周 距离增加到4800米/天，3天/周。如果身体已适应这一强度即可进入第三阶段。

第三阶段：（稳定期）

第一周 中速走4800米/天，3天/周，以45~60分钟完成练习为目标，持续2周。

第三周 中速走4800米/天，4天/周，持续3周。

第六周 距离增加到5600米/天，4天/周。如果身体已适应这一强度即可进入第四阶段。

第四阶段：（巩固提高期）

第一周 中速走6400米/天，4天/周。以35~60分钟完成练习为目标，持续2周。

第三周 中速走6400米/天，5天/周，持续3周。

第六周 中速走7200米/天，5天/周。如果身体已适应这一强度就可进入第五阶段。

第五阶段：（达标期）

第一周 中速走10分钟，然后慢跑，不考虑时间和距离，尽量持续跑20分钟，3天/周，以逐渐达到自己目标心率上限为目标，持续2周。

第三周 每次持续跑的时间增加1分钟，直至可坚持连续跑30分钟。4天/周，持续3周。

第六周 维持30分钟的持续跑，4天/周，目标心率保持在上限。

运动者根据处方训练一段时期（数周或数月）后，重复接受身体检查，以评定运动效果，通过适当调整以制定下一阶段的运动处方。需说明的是，在运动实施过程中应遵守以下主观体力感觉（RPE，又称自觉疲劳

程度）数值。表9给出了自觉疲劳程度（RPE）量表。

RPE < 12（轻松），40%~60% 最大心率

RPE=12~13（有点累），60%~75% 最大心率

RPE=14~16（累），75%~90% 最大心率

表9 自觉疲劳程度（RPE）量表

评分	用力程度
6	完全没有用力的感觉
7	非常轻松
8	
9	很轻松
10	
11	较轻松
12	
13	有点累
14	
15	累
16	
17	很累
18	
19	非常累
20	

RPE是一个非常实用的工具，尤其是对那些测量脉搏感觉不适的人，主要包括心律失常患者（房颤、房扑）以及需要使用药物（ β -受体阻滞剂、钙离子通道拮抗剂）控制心率的患者。RPE可以在不干扰有氧运动的同时有效且准确的评估。表10给出了不同运动所对应的MET值及其能量消耗，以供参考^[174]。

表10 不同运动的能量消耗

运动项目	METs	千卡/60千克 体重/小时
安静（不活动）	0.9	54
步行	2.8~4.5	168~270
划船	4.4~5.2	264~312
家务活动	1.4~3.6	84~216
自行车（<16公里/小时）	4.0	240
自行车（16~19公里/小时）	5.9	354
羽毛球	4.5~6.9	270~414
游泳（10~20米/分钟）	3~4.25	180~255
游泳（20~50米/分钟）	4.25~10.2	255~612
跳绳（慢速）	7.8	468
跳绳（中速）	10.0	600
跳绳（快速）	11.9	714
手球	7.8	468
长距离行走	3~7	180~420
跑步（跑走结合）	5.9	354
跑步（慢跑）	6.9~7.8	414~468
跑步（200米/分钟）	12.4	744
原地跑（140步/分钟）	21.47	1288.2
有氧舞蹈	5~6.9	300~414
太极拳	4.66~5.15	279.6~309
滑旱冰	6.9	414
滑雪（滑雪器、一般）	9.5	570

注：1METs=1千卡/千克体重/小时，该表中第三列按60千克体重的计算。

2.2.4 运动实施

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.在运动处方的实施过程中，每一次训练课都应包括三个部分，即准备活动部分、基本部分和整理活动部分	B D	指南推荐 专家意见
2.在运动处方的实施过程中，应注意对运动强度的监控	B D	指南推荐 专家意见
3.在运动处方的实施过程中，应该对治疗性运动处方的实施进行医务监督	B D	指南推荐 专家意见

在运动处方的实施过程中，应在严格控制饮食的基础上注意每次训练课的安排、运动量的监控及医务监督^[175]。

2.2.4.1 一次训练课的安排

在运动处方的实施过程中，每次训练课都应包括三个部分，即准备活动部分、基本部分和整理活动部分。

(1) 准备活动部分

准备活动部分的主要作用是：使身体逐渐从安静状态进入到工作（运动）状态，逐渐适应运动强度较大训练部分的运动，避免出现心血管、肺等内脏器官突然承受较大运动负荷而引起的意外，预防肌肉、韧带、关节等运动器官的损伤。

在运动处方的实施中，准备活动部分常采用运动强度小的有氧运动和伸展性体操，如：慢走、徒手操、关节伸展等。

准备活动部分的时间，可根据不同的锻炼阶段有所变化。在开始锻炼的早期阶段，准备活动的时间可为10~15分钟；在锻炼的中后期，准备活

动的时间可减少为5~10分钟。

(2) 基本部分

运动处方的基本部分是运动处方的主要内容，是达到康复或健身目的的主要途径。运动处方基本部分的运动方式、运动强度、运动时间等，应按照具体运动处方的规定实施。

(3) 整理活动部分

每次按运动处方进行锻炼时，都应安排一定内容和时间的整理活动。整理活动的主要作用是：避免出现因突然停止运动而引起的心血管系统、呼吸系统、植物神经系统的症状，如：头晕、恶心、重力性休克等。

常用的整理活动有：散步、放松体操、自我按摩等。整理活动的时间一般为5分钟左右。

2.2.4.2 锻炼中运动强度的监控

在运动处方的实施过程中，应注意对运动强度的监控。一般常采用的方法有：自觉疲劳程度分级（RPE）、靶心率等。详见上一节运动处方的内容。

2.2.4.3 运动中的医务监督

在运动处方的实施过程中，应该对治疗性运动处方的实施进行医务监督。具体注意事项如下：

(1) 当空腹血糖过高（ $>16.7\text{mmol/L}$ ）时，应待血糖控制后再开始运动。

(2) 在一个运动处方刚刚开始时，应检测患者运动前、运动中和运动后的血糖水平。

(3) 在运动开始前的30~60分钟调节糖分的摄入，如血糖 $<5.6\text{mmol/L}$ 应当补充糖水或甜饮料。

(4) 避免在空腹时或使用降糖药物60~90分钟后进行运动，以防低血糖的发生。

(5) 避免在参与运动的骨骼肌部位注射胰岛素。

(6) 尽量避免晚上运动，以免增加夜间低血糖发生的危险，或者进行相应的饮食和用药调整。

2.2.5 资料管理

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
运动处方资料管理应在专业队伍的指导下完成。分为个人状况调查、患者健康体能评价、运动体能干预、干预效果评估、体能教育及指导等五大部分	D	专家意见

运动处方资料管理应由患者在专业队伍的指导下完成。分为个人状况调查、患者健康体能评价、运动体能干预、干预效果评估、体能教育及指导等五大部分。

(1) 个人状况调查：以软件及互联网的形式收集，用于健康体能管理和评估中涉及的个人基本信息、疾病危险性调查、运动和饮食习惯等客观信息。

(2) 健康体能评价：根据个人信息制定运动试验方案，选择测评设备，对心肺耐力、肌肉力量和肌肉耐力、柔韧性、体成分、骨密度、人体能量、血管机能等健康体能及相关指标的测评得到个性化的评价。

(3) 运动体能干预：根据个人健康体能评价，结合个人运动饮食习惯等客观信息综合制定个性化和科学化的运动处方和健身计划，并在执行过程中根据具体情况进行记录。

(4) 效果评估：定期对患者健康体能和相关指标进行测评，分析运动效果，调整运动处方和健身计划。

(5) 体能教育及指导：在以上所有过程中应安排不同程度的教育和指导，可以是一对一的，也可以是一对多的，形式可以是语言交流、文字资料等。



3. 糖尿病运动治疗的特殊问题

3.1 合并不同疾病的糖尿病患者的运动治疗

糖尿病可合并诸多并发症，如糖尿病的血管并发症可以分为大血管并发症和微血管并发症。前者主要指累及心、脑、肢体等大血管的病变如冠心病、糖尿病心肌病、高血压病、脑血管病以及闭塞性动脉硬化症等。

3.1.1 冠心病

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.糖尿病合并冠心病的患者，适当有规律的运动比单纯药物治疗有更好的疗效	A	RCT研究
2.糖尿病合并心脏病患者运动强度取决于病情，必须个体化。一般以较低运动强度，每次为20~45分钟，最长不超过1小时，每周3~4天为宜	D	专家意见
3.运动形式应选用节律比较缓慢，能使上、下肢大组肌群适当活动的项目	D	专家意见

冠心病是因冠状动脉狭窄、供血不足而引起的心肌机能障碍和（或）器质性病变，又称缺血性心脏病（IHD），是糖尿病常见的合并症。临床表现为心前区压榨性疼痛，并可迁延至颈、颌、手臂、后背及胃部。发作时可伴有眩晕、气促、出汗、寒颤、恶心及昏厥。严重患者可因为心力衰竭而死亡。

对于所有糖尿病患者，应每年评估一次心血管高危因素。这些高危因素包括：血脂紊乱、高血压、吸烟、早发冠心病家族史、出现微量或大量蛋白尿。对于指南任何地方提及的异常高危因素都应进行治疗。

心功能分级：采用美国纽约心脏学会（NYHA）评级方法。NYHA I级：患者的活动量不受限制，日常活动不引起疲乏、心悸、呼吸困难或心绞痛。NYHA II级：患者体力活动受到轻度限制，如日常体力活动下可出现疲乏、心悸、呼吸困难或心绞痛，但休息时无自觉症状。NYHA III级：患者体力活动明显受限，从事轻于日常的体力活动时即引起上述症状。NYHA IV级：患者不能从事任何体力活动，休息状态下亦出现心衰或心绞痛症状，体力活动后症状加重。心功能受损严重者以间歇性运动处方为主。

冠心病并非运动的绝对禁忌证，在体力活动开始前，医护人员应评估患者冠状动脉疾病的心血管危险因素。应鼓励高危患者开始时进行短期低强度锻炼，逐渐增加强度与持续时间。已确诊冠心病的患者最好能在有监督的心脏康复项目下进行运动训练。对于糖尿病合并冠心病的患者，适当规律的运动比单纯药物治疗有更好的疗效，有利于增强糖尿病患者胰岛素敏感性，减轻胰岛素抵抗，从而改善糖代谢异常，降低血糖；同时有利于促使冠状动脉侧支循环开放，改善心肌供血和心肌功能，避免长期过度地安静卧床所造成的静脉血栓形成，骨骼肌萎缩，肌力低下等负面影响^[176]。

近年国内外一致认为，糖尿病合并心脏病患者锻炼的趋势是采用低强度，运动强度取决于病情，必须个体化。运动方案的制定必须根据患者的NYHA分级、心电运动试验所获得的最高心率，再取其60%~65%作为靶心率。以较低的运动强度长期进行锻炼既安全又有效，持续时间、频率因人而异，一般每次20~45分钟，最长不超过1小时，每周3~4次。运动过程应循序渐进，并参考运动训练的反应，调整运动强度及持续时间。运动形式应

选用节律比较缓慢，能使上、下肢大组肌群适当活动的项目，如太极拳、步行、骑车等。不宜进行强度过大，速度过快的剧烈运动，尤其不应参加激烈的竞赛运动。

运动注意事项：运动前2小时内不饱餐或饮用令人兴奋性的饮料；每次运动开始时应进行准备活动，结束时不应骤然停止；避免突然增加运动量；在运动中如出现腹痛、胸痛、呼吸困难、气短或气短加剧、头晕、恶心、呕吐、心悸、虚弱、出虚汗、极度乏力或心绞痛发作等情况时应立即停止，必要时就医^[177]；冠心病有不稳定心绞痛者，先行心脏病专科处理。

3.1.2 糖尿病心肌病

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.采用低强度运动处方将有助于预防糖尿病心肌病的发生和发展	D	专家意见
2.运动处方的制定原则上应当根据患者的年龄、病程、病情等酌情制定	D	专家意见

糖尿病心肌病以心力衰竭为表现，是与冠心病和瓣膜疾病不同的特异性糖尿病相关性心脏疾病。近年来大量的流行病学、病理学以及实验研究结果均证实糖尿病心肌病是一类独立的病理生理状态，是糖尿病的主要并发症之一。目前已有研究证实心肌细胞凋亡是糖尿病心肌病病程发展中导致心功能不全的重要原因。细胞凋亡参与了心血管疾病的发病过程，包括缺氧、缺血再灌注、心肌梗死和终末期心衰等。有研究显示热休克蛋白具有抑制心肌凋亡的作用。动物实验证明低强度运动能够诱导增加HSP72基因的表达，抑制心肌细胞凋亡，对糖尿病心肌病变具有保护作用；而高强度运动则起到相反的作用，即减少HSP72基因的表达，不能有效抑制心肌

细胞凋亡，不利于心肌的保护作用。因此，采用低强度运动处方将有助于预防糖尿病心肌病变的发生和发展^[178]。具体运动处方的制定参照冠心病运动治疗章节，原则上应当根据患者的年龄、病程、病情等酌情制定。

3.1.3 高血压病

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.在血压控制稳定后，建议在运动师的监督下进行中等强度运动	B	小样本RCT
2.运动强度应为低至中等，避免憋气、爆发用力动作或高强度的运动，防止血压过度增高	D	专家意见

高血压病是大多数糖尿病患者常见的合并症，发病率因糖尿病类型、年龄、肥胖和种族而不同。高血压也是心脑血管病与微血管并发症的主要危险因素。对于1型糖尿病患者而言，高血压常是潜在的导致肾病结局的原因之一；而对于2型糖尿病患者，高血压常与其他心脑血管及代谢综合征的危险因素共同存在。糖尿病合并高血压病的血压控制目标不同于非糖尿病高血压患者，非糖尿病人群的血压控制目标 $\leq 140/90\text{mmHg}$ ，糖尿病人群的血压控制目标 $\leq 130/80\text{mmHg}$ ^[179]。血压 $\geq 180/120\text{mmHg}$ 是未被控制的高血压，列入运动禁忌的范畴；当血压控制在 $\leq 160/100\text{mmHg}$ 时，建议在运动医学或康复医学专业人员的监督下进行放松训练（如太极拳、瑜伽等）和有氧运动，如步行、功率自行车、游泳。运动强度应为低至中等（50%的最大摄氧量），避免憋气动作或高强度的运动，防止血压过度升高。一周中进行大于4天的运动，以每天都进行运动为最佳，运动时间不少于30分钟，或一天中的运动时间累加达到30分钟亦可。运动处方的制定应

当事先进行科学的评估或运动耐力的评定，以保证安全、有效并满足患者的需求^[164, 180]。

3.1.4 脑血管病

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
合并新近发生脑血管意外的糖尿病患者，应先进行卒中康复训练，待病情稳定后再在运动师的监督下进行糖尿病运动。	D	专家意见

合并新近发生脑血管意外并有肢体偏瘫的糖尿病患者，应先进行脑卒中常规肢体康复训练。脑卒中常规肢体康复训练通常采用日常生活动作的训练，其运动强度多为低强度运动，一旦患者体能和运动耐力有所恢复后，再根据血糖及胰岛素情况按照糖尿病的运动处方进行调整，且整个运动治疗需要在运动医学或康复医学专业人员的监督下进行。

3.1.5 下肢动脉硬化闭塞症

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
进行监督下的平板训练和下肢抗阻训练对PAD患者有益	A	RCT

下肢动脉硬化闭塞症（PAD）好发于60岁以上老人，糖尿病患者则发病较早，男性多于女性。病变多发生在血管分支处，引起管腔狭窄或闭塞，导致病变远端血液供应不足。临床表现为间歇性跛行，即在行走一段路程后患侧肌肉痉挛、紧张、疼痛及乏力，以致“跛行”，休息后迅速缓解，再次行走又复发。另一种症状是休息痛，尤其是夜间疼痛，患者常抱

腿而坐，不能入睡，在患肢下垂或受冷时减轻。亦可有足部冰冷、感觉异常、皮肤苍白或青紫、皮下脂肪萎缩等表现，甚至可以出现小腿及足部干性坏疽或溃疡。建议进行上肢和躯干肌的运动锻炼，可采用等长收缩、等张收缩和等速运动等多种运动方式，以中等运动强度为主，每天一次。有研究表明，对PAD伴或不伴间歇性跛行的患者，进行监督下的平板训练和下肢抗阻训练，能增加患者的最大运动时间和距离，提高患者的运动功能。对于伴有足部溃疡的患者参照糖尿病足病的运动方案。

3.1.6 糖尿病合并神经病变

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.糖尿病合并自主神经病变的患者应先判断是否适合进行运动治疗，运动的实施应在专业人员的指导和监督下进行	D	专家意见
2.建议有周围神经病变而没有急性溃疡形成的糖尿病患者可以参加中等强度的负重运动	D	专家意见
3.有足部损伤或溃疡的糖尿病患者建议进行非承重的上肢运动训练	D	专家意见

糖尿病累及的神经系统病变包括感觉神经、运动神经、自主神经病变等。糖尿病神经病变多样且临床表现各异，可以集中在某个或某些部位，也可以遍布全身，最常见的就是慢性感觉运动性周围神经病变（多发性末梢神经病）和自主神经病变。

3.1.6.1 糖尿病自主神经病变

主要临床表现包括静息心动过速、运动不耐受、体位性低血压、便秘、胃轻瘫、勃起功能障碍、汗腺功能障碍、脆性糖尿病和低血糖自主神经症状减弱或消失。心血管自主神经病变作为心血管病的高危因素，是糖尿病自主神经病变治疗最重要的部分。

自主神经病变通过降低心血管系统对运动的反应而增加运动损伤或负性事件发生风险，出现体位性低血压^[180]；损害体温调节系统与夜视能力；无法预测的胃轻瘫可致使碳水化合物吸收障碍，引发低血糖。因此，原则上累及心血管系统自主神经病变较重的糖尿病患者列为运动禁忌，除非有良好的安全保障，因为运动中容易发生急性心血管事件。累及其他脏器自主神经病变的糖尿病患者应由康复医师进行ECG应激试验，筛查心脏血管异常，判断是否适合进行运动治疗，确定运动强度，制定运动处方。然后在运动医学或康复医学专业人员的指导和监督下实施运动治疗。合并自主神经病变的糖尿病患者运动时，运动耐量、最高心率降低，并且体育运动后心率恢复得较慢。

自主神经病变通过降低心血管系统对运动的反应而增加运动损伤或负性事件发生风险，出现体位性低血压^[180]；损害体温调节系统与夜视能力；无法预测的胃轻瘫可致使碳水化合物吸收障碍，引发低血糖。因此，原则上累及心血管系统自主神经病变较重的糖尿病患者列为运动禁忌，除非有良好的安全保障，因为运动中容易发生急性心血管事件。累及其他脏器自主神经病变的糖尿病患者应由康复医师进行ECG应激试验，筛查心脏血管异常，判断是否适合进行运动治疗，确定运动强度，制定运动处方。然后在运动医学或康复医学专业人员的指导和监督下实施运动治疗。合并自主神经病变的糖尿病患者运动时，运动耐量、最高心率降低，并且体育运动后心率恢复得较慢。

3.1.6.2 周围神经病变

表现为神经性疼痛、感觉消失，增加了足部损伤和溃疡的发生风险；累及运动神经时可出现肢体瘫痪。最近实验研究结果显示运动治疗可以通过促进骨骼肌NT-3的生成，预防糖尿病大鼠周围神经病变的发生，并且恢复糖尿病大鼠尾神经的传导速度，显著改善糖尿病周围神经病变^[181, 182]。建议有周围神经病变而没有急性溃疡形成的糖尿病患者可以参加中等强度的负重运动。有足部损伤或开放性疮、溃疡的糖尿病患者建议进行非负重的上肢运动训练。

3.1.7 糖尿病合并足病

足部溃疡是糖尿病神经病变和/或 PAD的结局，也是糖尿病患者致残的主要原因之一。糖尿病外周神经病变使神经末梢疼痛感觉减低，导致皮

肤破溃与感染及夏科氏关节病发生风险增加，若同时合并外周血管病变可导致跛行、下肢溃疡、糖尿病足坏疽等，严重者不得不进行截肢处理。研究表明，中等强度的步行不会使外周神经病变的患者发生足部溃疡或再次溃疡的风险增加。所有外周神经病变的患者应穿合适的鞋子，每天检查足部有无损伤。任何有足部损失或开放性伤口的患者应仅限做无负重运动。可以考虑进行上肢等长收缩训练或上肢渐进抗阻训练，增加骨骼肌数量，改善骨骼肌质量，提高胰岛素敏感性。

3.1.8 其他并发症

推荐意见：

推荐意见	推荐级别	证据
1.适当运动对降低糖尿病肾病患者尿微量白蛋白有积极作用	B	小样本RCT
2.运动治疗对改善抑郁患者的情绪有一定的积极作用	B	回顾性研究

3.1.8.1 糖尿病合并肾病

体力活动会急剧增加尿蛋白分泌，但是没有证据证明高强度锻炼会增加糖尿病肾病的进展，因此在满足糖尿病运动治疗适应证的情况下没有必要对糖尿病肾病患者进行体力活动给出特殊限制^[66]。建议有肾脏病变的糖尿病患者在专业人员的监督下运动，且尽可能进行ECG应激试验检测心血管病、异常心率和血压反应。即使是透析期间也可适当进行运动训练。微量蛋白尿的出现本身并不是运动受限的指征。有研究表明，适当运动对降低糖尿病肾病患者尿微量白蛋白有积极作用。尽管体育运动过程中血压会升高，随之可能会引起尿中微量白蛋白水平短暂的增高。运动应从低强度、低运动量开始，以中、低强度运动为主，避免憋气动作或高强度的运

动，防止血压过度升高，注意监测血压，定期尿检，关注肾功能、电解质和酸碱平衡。

3.1.8.2 糖尿病合并视网膜病变

视网膜病变是糖尿病患者高发的特异性血管并发症，其发病率与糖尿病病程关系密切。糖尿病视网膜病变是20~74岁成人新发失明中最常见的原因。青光眼、白内障或其他眼病在糖尿病人群中也会发生得更早、更频繁。建议有增殖性视网膜病变、增殖前期视网膜病变、黄斑变性的糖尿病患者，在进行细致的眼科筛查，并在专业人员的监督下运动。存在增殖性视网膜病变（PDR）或严重非增殖性视网膜病变（NPDR）时，因为存在玻璃体出血和视网膜脱落的风险，故禁忌做大幅度有氧运动或抗阻训练。

3.1.8.3 糖尿病合并心理障碍

心理和社会问题会损害个体或家庭处理糖尿病的能力，进而影响健康状况。患者有可能在诊断时或医疗状况改变时（如蜜月期结束时、需要强



化治疗时以及发现并发症时)显示出心理脆弱性。熟悉糖尿病管理的医护人员可发现精神健康问题的征兆有:不依从治疗方案(自己或他人),抑郁伴自我伤害的可能性,妨碍型焦虑(debilitating anxiety,单独存在或伴有抑郁),进食障碍,或严重影响判断的认知功能障碍。应当通过对糖尿病患者的教育增强信心,坚信通过科学合理治疗,糖尿病是可以控制的,把疾病防治知识传授给患者,充分发挥其主观能动性,积极配合医护人员进行自我管理,自觉执行康复治疗方案,改正不健康生活习惯(如吸烟、酗酒、摄盐过多、肥胖、体力活动太少等),才能控制危险因素和病情的进一步发展。运动治疗可以增高β内啡肽,它对调整情绪,改善心情会有一些的积极作用,运动方案参考糖尿病运动处方的实施。

3.1.8.4 糖尿病合并慢性阻塞性肺病

运动是肺疾病康复项目的重要组成部分。慢性阻塞性肺病(COPD)患者临床表现为呼吸困难,同时会合并有因外周肌肉疲劳所导致的运动



耐力下降。建议有COPD的糖尿病患者在运动医学或康复医师的监督下进行,运动前尽可能进行ECG应激试验,以及观察血氧饱和度对运动的反应。确定COPD患者运动训练强度,宜进行中等运动强度(60%VO₂max),每次至少20~30分钟,每周2~5次,持续8~12周的运动训练。运动方式可以是有氧运动包括快走、慢跑、上下楼梯等,也可进行抗阻训练包括各种持器械体操等。建议采用间歇运动方式,运动与休息交替进行,减轻运动时呼吸困难。同时应配合呼吸体操,减轻气急症状。

根据以上内容,下表(表11)归纳了糖尿病主要合并症的简要运动处方。

表 11 糖尿病主要合并症运动处方简表

合并症	强度	时间	频率	方式
冠心病	低	20~45分钟	3~4天/周	太极拳、步行、骑车等有氧运动
糖尿病心肌病	低	20~45分钟	3~4天/周	太极拳、步行、骑车等有氧运动
高血压	低、中	≥30分钟	大于4天/周	太极拳、瑜伽、步行等舒缓放松的有氧运动
闭塞性动脉硬化症	中	≥30分钟	每天一次	躯干和非受累肢体的牵张训练、手摇车等有氧运动
糖尿病合并慢性阻塞性肺病	中	≥30分钟	2~5天/周	有氧运动、抗阻训练

*注:详见相关内容

3.2 糖尿病合并特殊代谢状态的运动

推荐意见:

推荐意见	推荐级别	证据
1.对偶发血糖反应异常者,可以进行临床观察,暂不作特别处理,继续遵循指南进行治疗;对频发血糖反应异常者,建议该类首先患者去糖尿病诊疗中心就诊,积极寻找及消除影响血糖反应异常的原因	D	专家意见
2.对妊娠期糖尿病患者来说,运动是治疗计划的很重要的一部分	D	专家意见
3.糖尿病合并低蛋白血症以低强度有氧运动为主,避免加重负氮平衡的高强度运动;根据患者的主观体能评估和在运动中的反应及时调整运动处方	D	专家意见

3.2.1 血糖反应异常的运动治疗

血糖反应异常(脆性糖尿病)是指不论何种原因导致糖尿病患者血糖剧烈的、不规律的波动。常表现为糖尿病酮症、低血糖或两者交替出现的现象^[183]。由于运动的生理效应和血糖反应异常患者的病理生理因素相互影响,对该类患者的运动治疗需要特别关注。

(1)对偶发血糖反应异常者,可以进行临床观察,暂不作特别处理,继续遵循指南进行治疗。

(2)对频发血糖反应异常者,建议该类患者首先去糖尿病诊疗中心就诊,积极寻找及消除影响血糖反应异常的原因。常见的原因包括:胰岛功能丧失(如1型糖尿病、病程晚期的2型糖尿病),消化功能障碍(如胃

轻瘫、倾倒综合征),胰岛素利用或降解障碍(如体内存在胰岛素抗体、骨骼肌萎缩、肾功能不全),胰岛素拮抗激素如胰高血糖素、糖皮质激素、甲状腺激素分泌障碍(如Addison's病、肾上腺皮质功能亢进、胰岛细胞瘤、胰腺切除手术后、甲状腺功能异常),降糖药物(各类胰岛素促泌剂、胰岛素及胰岛素类似物),抗精神病类药物(如苯二氮卓类抗精神病药物),葡萄糖消耗增加(如过量的运动)、内源性葡萄糖生成减少(如饮酒),心理因素^[183-185]。

(3)从饮食、运动和药物治疗整体上考虑患者血糖异常反应的处理方法。强化合理的饮食、药物和运动治疗。积极消除不合理的因素引起的血糖异常反应。

(4)对血糖反应严重异常者,本着血糖“宁高勿低”的原则,以避免低血糖事件为首要原则,同时注意避免高血糖所致水、电解质、脂代谢和酸碱平衡紊乱的发生。

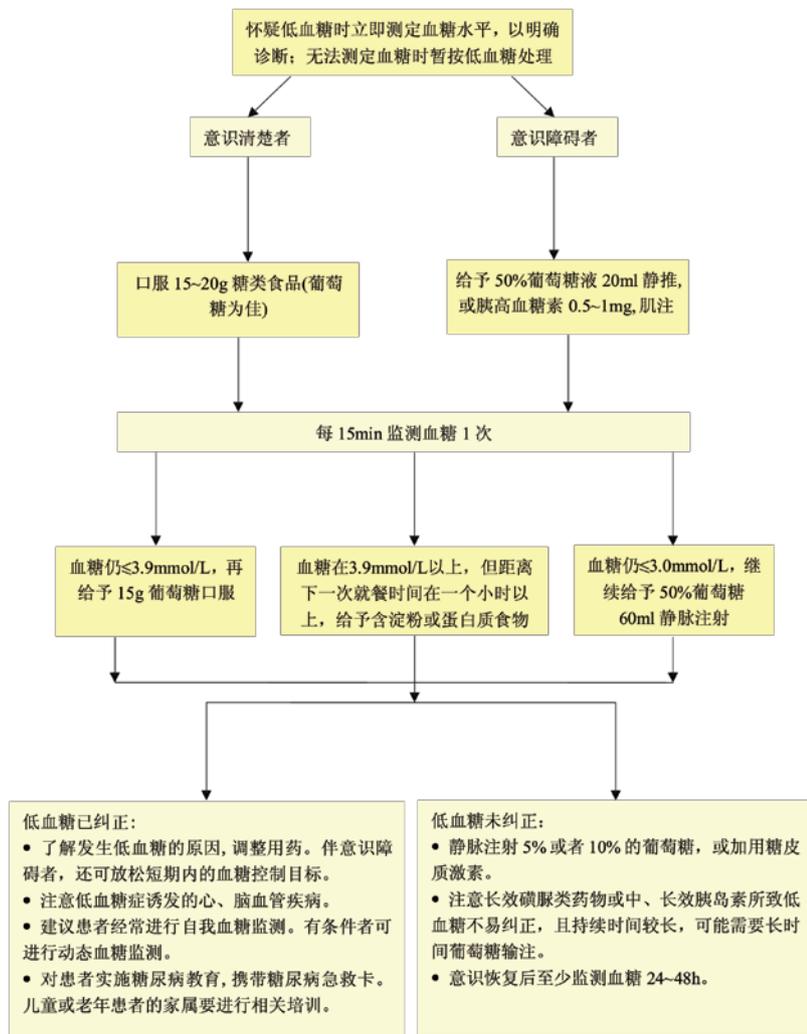
(5)强化运动前的个体化评估。除按照前述的个体化评估的原则实施外,积极寻找运动强度、运动方式、运动时间和血糖波动的关系。

(6)对血糖水平进行密切监测。对血糖反应异常的患者,除按照《中国血糖监测临床应用指南》进行血糖监测外,宜强化运动前、运动中和运动后的血糖监测,有条件的患者可以进行持续血糖监测^[186]。

(7)对频发低血糖的患者建议:①查明低血糖的原因;②强化糖尿病教育:让患者明确低血糖的基本机理、常见原因、常见临床症状、监测血糖的重要性以及低血糖的预防措施;③做好预防和低血糖的准备,准备好运动防护设施、血糖仪、碳水化合物以及其他急救设备和药物;④运动中和运动后血糖的监测:每运动30~60分钟则应检测一次血糖,必要时血糖的监测应持续至运动后的12小时甚至更长时间;⑤低血糖的处理:请参见《中国2型糖尿病防治指南》;⑥低血糖事件一旦发生,除积极纠

正低血糖外，还应加强血糖的监测和低血糖事件再发的预防；低血糖处理后的运动治疗宜从小剂量开始，循序渐进地增加运动剂量。

附图：《中国2型糖尿病防治指南》推荐低血糖处理流程^[138]



3.2.2 糖尿病合并妊娠的运动治疗

运动能降低妊娠期糖尿病的发病率^[187]，且对妊娠期糖尿病患者来说，运动是治疗方案中很重要的一部分。运动能帮助妊娠期糖尿病患者控制体重，改善血糖水平^[188]，增加体力和耐力，降低应激，延迟使用胰岛素的时间；运动还有助于妊娠期糖尿病患者将来的分娩，婴儿喂养和产后生活方式的改变^[189]。糖尿病合并妊娠的运动治疗应遵循以下建议：

(1) 与产科医师共同制定运动方案。

(2) 加强围产期的医学监护。

(3) 没有医学禁忌证的妊娠期糖尿病患者建议每天30分钟以上的适度有氧运动。

运动禁忌证包括：早产、胎膜早破、宫颈闭锁不全、持续的妊娠中/晚期的出血、宫内发育迟缓、超过26W的胎盘前置、妊娠期高血压^[190]。

(4) 运动形式以步行、固定自行车、低强度有氧运动以及游泳为主^[191]；运动时心率不超过140bpm（60%~70%VO₂max）^[192]。

(5) 有下列征象时应立即停止运动并就医：阴道出血、晕厥、胎儿活动减少、全身水肿、腰痛。

(6) 记录运动时的心率、胎动、血糖、尿糖/尿酮体以及其他任何患者的主诉及异常症状、体征。

其他参照指南的前述部分。

3.2.3 糖尿病合并低蛋白血症的运动治疗

低蛋白血症是指血液中的蛋白质浓度低于正常水平的现象。与糖尿病有关的低蛋白血症常见的原因包括：由于不合理的饮食致营养不良；胃肠道疾病（糖尿病自主神经病变致胃轻瘫、腹泻等）；糖尿病肾病；糖尿病合并肝功能不全；药物的影响以及负氮平衡（如合并结核、肿瘤、运动过

量)等。

适度的运动能改善低蛋白血症患者的体质、生活质量、血压、最大摄氧量、贫血和血脂谱等^[193, 194]。通常情况下,运动可引起一过性尿蛋白排出增加,但没有证据显示合理的运动加重肾脏损伤的危险。但是剧烈运动能增加肾小球的通透性和减少肾小管的重吸收能力,明显增加肾脏总蛋白和白蛋白的排除率^[195, 196]。运动后尿蛋白排出的增加与运动强度密切相关^[197]。糖尿病合并低蛋白血症运动治疗应遵循以下建议:

(1) 查明低蛋白血症的原因,纠正明显的低蛋白血症。

(2) 与相关科室医师共同制定及指导该类患者的运动治疗。

(3) 采取综合措施,系统考虑患者的饮食、运动、药物治疗的关系,保证正氮平衡。饮食治疗参见《中国糖尿病医学营养治疗指南》推荐意见。

针对引起低蛋白血症的原因,加强对肝、肾功能和血液生化指标的评估,定期随访。随访标准应遵循《中国2型糖尿病防治指南》的建议;以低强度有氧运动为主,避免加重负氮平衡的高强度运动;根据患者的主观体



能评估和在运动中的反应及时调整运动处方;避免运动中持续的血压升高和脱水。

3.3 运动治疗过程中的药物调整

运动可增加胰岛素的敏感性和骨骼肌对葡萄糖的摄取^[198, 199],从而影响血糖水平。因此,运动治疗过程中应对治疗药物进行相应的调整。

推荐意见:

推荐意见	推荐级别	证据
1.糖尿病患者经过运动治疗后胰岛素的调整严格遵循个体化的原则	D	专家意见
2.综合考虑降糖药的类型、服用方法、剂量,饮食和运动水平,根据患者血糖监测的结果调整口服降糖药	D	专家意见

3.3.1 运动治疗过程中胰岛素的调整

由于不同患者的生活方式、精神状态、治疗方案、运动方式、强度、时间,以及对胰岛素的敏感性存在个体差异,所以很难有一个标准的模式来决定患者在运动治疗过程中调整胰岛素的方法、剂量、剂型。一般情况下,对于胰岛素治疗的糖尿病患者,通过运动治疗,胰岛素的需求会减少。为此,运动治疗过程中胰岛素的调整应遵循以下建议:

(1) 糖尿病运动治疗的要点以前述的主要原则为前提。

(2) 通常情况下,糖尿病患者经过运动治疗后其胰岛素使用剂量都会减少;胰岛素的调整严格遵循个体化的原则,综合衡量既往胰岛素的使用情况,目前血糖水平以及对饮食和运动反应进行调整。

(3) 通过培训的糖尿病患者或者医务工作者对运动前、运动中和运

动后的血糖监测，并根据观察的结果进行个体化的胰岛素调整^[200]。

(4) 在运动治疗的初始阶段，要密切观察血糖反应、运动治疗方案及胰岛素用药的关系。有条件的情况下，建议在糖尿病管理治疗中心进行。

(5) 对有计划运动治疗，首先调整运动中的饮食治疗方案，再考虑调整胰岛素治疗方案；对无计划的运动，以调整胰岛素的剂量为主和/或饮食调整和胰岛素调整同时进行。

(6) 胰岛素剂量调整原则以防止低血糖事件为主，剂量调整应遵循“由大剂量至小剂量”，“由粗调至细调”的调整方法。

(7) 大剂量（高强度/长时间）的运动通常需要减少胰岛素剂量50%；小剂量（低强度/短时间）的运动，胰岛素剂量可以不作调整^[201]。

在保证运动治疗糖尿病中胰岛素调整遵循个体化原则不变的情况下，不同的运动方式、运动强度和运动时间对血糖控制良好的患者来说，胰岛素剂量的调整可以参考下表（表12）来进行调整。



表12 运动模式与胰岛素剂量的调整

运动模式	胰岛素调整
早餐前运动	不推荐/或仅为较轻松的热身运动
餐后运动	宜在胰岛素注射后1~2小时后运动 ^[202]
	根据运动强度和运动时间，个体化减少餐前和餐后的胰岛素剂量 ^[203]
长时间的运动	如果参加全天的徒步运动，减少运动前一天睡前基础胰岛素剂量50%和运动当天的餐前胰岛素及运动后的胰岛素剂量30%~50% ^[200]
	减少参加全天运动后的当天睡前胰岛素剂量10%~20% ^[201]
间断的高强度运动	减少餐前胰岛素剂量70%~90% ^[204]
	如果运动时间小于60分钟，可以不减少餐前胰岛素的剂量 ^[205, 206]
胰岛素泵	在运动前30~60分钟及运动中减少基础胰岛素剂量50%~75% ^[207]
	如果运动在餐后1~3小时，个体化减少餐前胰岛素的剂量 ^[207]
	可以在运动中停泵，但注意再次启用时泵管堵塞的问题
	减少夜间的基础胰岛素剂量10%~30% ^[208]

3.3.2 运动治疗中口服降糖药的调整

糖尿病患者使用口服降糖药的调整原则上与前述的胰岛素调整相符。口服降糖药对血糖的影响与降糖药物类型、患者的血糖水平、运动方式、运动时间和运动强度有很大的关系。因此，糖尿病患者运动治疗时口服降糖药调整遵循以下建议：

(1) 口服降糖药的调整首先以糖尿病运动治疗的主要原则为前提。

(2) 综合考虑降糖药的类型、服用方法、剂量，饮食和运动水平，根据患者血糖监测的结果做医疗决定。

(3) 大剂量的运动，在计划饮食情况下可以考虑暂停口服药治疗；对小剂量的运动，口服降糖药可不作调整。

(4) 注意临床常用的不同类型的口服降糖药在运动治疗中的特点：

①磺脲类降糖药能促进胰岛β细胞释放胰岛素而降低血糖。服用这类降糖药的患者，在漏餐、长时间的运动或剧烈运动时要考虑发生低血糖的可能性^[209, 210]。格列吡嗪控释片引起低血糖的可能性比格列苯脲引起低血糖的可能性要低^[211]。②格列奈类降糖药也能促进胰岛β细胞释放胰岛素，但其机制与磺脲类药物不同，其作用时间比较短，具有血糖依赖性。但该类药仍然有引起低血糖的可能，患者在服用该类药后运动需要监测血糖并注意防止低血糖的发生^[212]。③对于肝功能受损或饮酒的糖尿病患者，服用二甲双胍后在运动时肝糖输出会减少，有诱发低血糖的可能^[213]。④口服阿卡波糖的糖尿病患者，运动治疗能明显改善患者的血糖控制和降低心血管事件的发生^[214]。如果单用阿卡波糖合并运动治疗糖尿病，未见有低血糖发生的报道，但联合胰岛素或其他降糖药有低血糖发生的可能^[215]。⑤对于胰高血糖素肽-1类似物、二肽基肽酶IV抑制剂及其他非促泌剂类型的口服降糖药，相关研究文献较少或目前还没有证据认为在运动治疗中会出现低血糖事件及需要进行药物剂量的调整^[179, 213]。

3.4 运动并发症的处理

3.4.1 常见运动并发症的原因

常见的运动并发症包括运动损伤、糖尿病相关并发症的加重、心脑血管事件、意外伤害事件。运动损伤包括擦伤（挫伤）、撕裂伤、肌肉拉伤、韧带拉伤、关节扭伤、关节脱位、骨折、脑脊髓神经损伤。运动损伤的发生率与运动方式、运动强度、运动时间以及运动者的年龄和身体状况有很大关系，普通成年人及中老年人运动损伤患病率为5%~19.7%，主要损伤为关节韧带扭伤和肌肉拉伤，部位多发生于下肢、腰背部和手腕部，而以踝关节损伤最常见^[216-218]。糖尿病相关并发症的加重包括高血糖或低血糖、酮症、在增殖性视网膜病变基础上出现视网膜脱离等。若出现倦怠、精神差、呼吸深大，呼气有烂苹果味道应判断为出现酮症酸中毒。若出现心悸、手抖、出冷汗、意识障碍提示低血糖发生，但注意与心血管事件鉴别。心脑血管事件包括心绞痛、心肌梗死、脑出血、猝死等。运动过程中出现胸闷，心前区压榨性疼痛，甚至放射至颈、颌、手臂、后背及胃部，气促、出汗、寒颤、恶心、眩晕、意识障碍、昏厥等症状，应判断发生了心脑血管意外事件。其他意外伤害事件如颅脑外伤、器械伤害等。

发生运动并发症的原因主要有以下几个方面：

3.4.1.1 主要原则掌握不当

(1) 未进行运动前试验评估，运动目的不清楚，选择了不恰当的运动方式或运动强度，容易导致运动损伤或增加心血管事件发生风险。

(2) 运动适应证或禁忌证掌握不当，药物与运动配合不当，可以导致心血管事件风险增加、诱发酮症或高血糖、低血糖的发生。

(3) 饮食与运动配合不当，运动前血糖较低、空腹运动或运动强度过大且运动时间过长导致低血糖的发生。运动导致低血糖风险增加主

要发生在1型糖尿病。1型糖尿病患者进行中等强度的步行运动（心率达到最大心率的70%），运动15分钟间歇5分钟交替进行，75分钟后83%的患者血糖较运动前下降25%，有30%的患者在运动中或运动后血糖低于3.3mmol/L或发生有症状需要处理的低血糖反应^[219]。运动中低血糖的发生与运动前的血糖有关，1型糖尿病患者运动前血糖<6.7mmol/L，在6.7~10.0mmol/L之间，及>10.0mmol/L者，其低血糖的发生率分别为86%，13%及6%^[219]。如果按照糖尿病低血糖的标准（低于3.9mmol/L）则低血糖的发生率更高，分别为100%，44%及28%。过量运动可导致运动后数小时或夜间发生迟发性低血糖。

3.4.1.2 运动治疗处方不当

（1）运动方式选择不当：动作难度过大或节奏过快、过度使用某块肌肉、动作不正确等，容易导致软组织损伤，包括肌肉拉伤、关节扭伤、软骨损伤、半月板损伤；膝关节病变者错误选择爬楼梯、长时间步行或跑跳动作等加重膝关节负重的运动方式；高血压患者进行了需要憋气才能完成的动作，例如进行几乎超过机体承受能力的举重运动，突然的血压增高可能导致脑血管意外事件；糖尿病合并妊娠进行过度的弯腰动作或过多腹部运动有可能导致早产；腰椎、颈椎的过度旋转动作可能导致原有椎间盘脱出症加重甚至脊髓损伤。

（2）运动强度选择不当：进行了超过身体耐受能力的过量运动，强度过大可能引起心血管意外；增殖性视网膜病变者进行高强度的运动可能增加视网膜脱离的风险。运动量过大，易致肌肉疲劳增加运动损伤风险。

（3）运动时间选择不当：如空腹运动、在身体疲劳时运动、或在身体有感染或其他急性病时运动。

（4）运动间隔时间过短：如每天进行大强度的抗阻训练，不利于肌肉的恢复。

3.4.1.3 运动准备不充分

（1）鞋袜穿着不适宜导致皮肤破损。

（2）热身运动不充分：热身活动不足是造成运动损伤的主要原因^[216]。

（3）未作整理运动：在中大强度运动时未作整理运动，突然停止运动并立即坐下或躺下，容易导致循环障碍甚至休克。

3.4.1.4 运动意外事故

（1）场地因素：水泥地面、地板不平坦、地板过滑或有障碍物导致运动损伤发生率增高，甚至摔倒引发骨折。

（2）运动时注意力不集中，或同伴间的安全距离过短，均可导致患者与同伴或周围物体发生碰撞而导致意外事故。

（3）对糖尿病患者存在潜在的心脑血管硬化认识不足，运动过程过度兴奋，忘记歇息致使运动量过大，容易发生心血管意外事件。

（4）气候因素：气温过高或过低。

（5）器械有磨损、松动等安全隐患。



3.4.2 运动并发症的处理

3.4.2.1 糖尿病及并发症加重的处理

(1) 现场处理：出现糖尿病及并发症加重首先立即停止运动，根据不同并发症做相应的处理。如冠心病心绞痛发作，可先服用硝酸甘油；如血压显著升高，可给予硝苯地平舌下含服；如心跳呼吸停止，应立即进行心肺复苏等；并立即呼叫救护车送至医疗中心处理。

(2) 预防措施：糖尿病教育、运动前进行体检并评估运动风险。

3.4.2.2 低血糖反应的处理

(1) 现场处理：运动中低血糖和迟发性低血糖，均应立即进食含10~15克碳水化合物的食物，15分钟后血糖如果仍低于3.9mmol/L，再给予含同等量的食物。15克葡萄糖可使血糖升高1.11mmol/L^[219]。进食后未能纠正的严重低血糖应送医疗中心抢救。

(2) 预防措施：进行运动前、后以及运动过程每隔30分钟检测血糖及时发现低血糖，并对儿童和青少年糖尿病患者和监护人进行糖尿病和运动相关的教育，告知他们低血糖的紧急处理方式，是预防和及时纠正低血糖的必要措施。运动中低血糖的发生与运动前的血糖有关，因此如果运动前血糖<5.6mmol/L，应进食碳水化合物后再开始运动^[220]。对长时间的运动，可以在运动过程中进食缓慢吸收的碳水化合物以防止低血糖的发生^[221]。如果睡前血糖<7.0mmol/L，预示患者夜间可能会发生低血糖，建议睡前进食一定量的碳水化合物^[219]。

3.4.2.3 运动创伤的处理

(1) 现场处理：肌肉拉伤、关节扭伤均可进行冷冻加压包扎；发生骨折应先固定，再送医院。头部碰撞后，先止血、加压包扎等。对轻度运动损伤，遵循RICE原则进行急救处理，如果受伤严重，每天进行一次RICE处置，坚持两三天。RICE急救处理：①Rest（休息）。受伤部

位立即停止运动，充分休息。②Ice（冰敷）。将冰袋用毛巾包裹后置于受伤部位，使血管收缩，减少肿胀、疼痛及痉挛，缩短康复时间。每次冰敷20~30分钟或皮肤感觉由冷、疼痛、灼热、最后变成麻木时移开冰敷袋。可每隔半小时或1小时冰敷一次，直至疼痛得到缓解。冰敷在受伤后48小时内进行。如果患者有循环系统疾病，雷诺氏病则不可使用。

③Compression（压迫）：以弹性绷带包扎于受伤部位，减少内部出血。注意加压包扎力度适中，观察露出脚趾或手指的颜色。如疼痛、皮肤变色、麻痹、刺痛等症状出现，表示包得太紧，应解开弹性绷带重包。弹性绷带包扎维持18~24小时，睡觉时可将绷带拆去。④Elevation（抬高），尽可能在伤后24小时内持续抬高伤处（高于心脏部位）以减少血液循环至伤部，避免肿胀。如果运动损伤引起活动障碍，应送医院进行处理。严重创伤如骨折、利器伤、头颅外伤等应及时送医院处理。

(2) 预防措施：运动前进行热身运动可以减少肌肉拉伤及关节扭伤的发生。有关节病变者运动时带上关节保护带（护膝、护腕、护腰带）。穿舒适的运动鞋进行运动，禁止穿皮鞋、高跟鞋进行运动。老年人应避免运动量过大、过猛的剧烈活动。如果有外周神经病变或退化性关节炎选择非负重运动方式，如固定自行车、游泳等，或者采用负重和非负重交替的运动方式。

3.4.2.4 运动意外事故的处理

(1) 现场紧急处理：利器刺伤出血迅速包扎止血后送医院处理。运动引起的颈椎、腰椎脱位应立即呼叫急救中心出诊，切不可随意搬动患者，以免造成二次损伤。

(2) 预防措施：选择在平坦而有一定弹性的木地板、塑胶地板或草地上运动，尽量避免在水泥地上进行运动；注意力集中；锻炼前检查健身器械的稳定性。

附:名词解释

1. 最大摄氧量 (VO_{2max}) : 是指人体从事最剧烈运动时组织细胞每分钟所能消耗或利用的氧气的最大值。测定方法为渐增运动负荷过程中, 随着负荷的不断增加, 其摄氧量不再增加时所获得的数值即为该受试者的最大摄氧量。
2. 有氧运动: 有氧运动是指人体在氧气供应充分情况下进行的身体运动形式。即在运动过程中, 人体吸入的氧气与运动消耗的氧气相等, 达到生理上的平衡状态。简单来说, 有氧运动是指任何富韵律性的运动, 其运动时间较长 (≥ 15 分钟), 运动强度在中等或中上的强度。
3. 无氧运动: 是指人体骨骼肌在“缺氧”的状态下进行的高速剧烈运动。无氧运动大多是一些运动负荷强度高、瞬间性强的运动形式。其特点是持续时间短, 而且疲劳消除的时间也较为缓慢。
4. 抗阻运动: 人体骨骼肌在克服外来阻力的情况下进行的主动运动。阻力的大小根据个体肌力而定, 以能够克服阻力完成运动为度。阻力可由他人、自身的肢体或器械 (如哑铃、沙袋、弹簧、橡皮筋、弹力带等) 产生。该运动形式能够达到恢复和发展肌力的效果。
5. RM (repetition maximum) : 是指某一肌肉或肌群在疲劳前能完成的某一指定次数的最大负荷。1RM (one repetition maximum) : 指能达到最大肌力或能克服的最大阻力。
6. 梅脱 (METs: metabolic equivalents) : 代谢当量, 用以描述有氧运动的运动强度。1梅脱为安静坐位休息时的能量消耗率, 相当于每千克体重每分钟消耗3.5ml的氧气。中等强度的有氧运动是指3~6METs的身体活动。
7. 急性运动 (acute exercise) : 指一次具有一定强度和持续时间的运动, 此运动能引起运动个体氧运输系统和内分泌系统较为明显的反应。

参考文献

- 1 Yang W, Lu J, Weng J, et al. Prevalence of diabetes among men and women in China. *N Engl J Med*, 2010,362:1090-101.
- 2 Hill JO, Stuhrt J, Wyatt HR, et al. Physical activity in prevention and management of obesity and type-2 diabetes. *Nestle Nutr Workshop Ser Clin Perform Programme*, 2006,11:183-91; discussion 191-6.
- 3 Duncan GE. Exercise, fitness, and cardiovascular disease risk in type 2 diabetes and the metabolic syndrome. *Curr Diab Rep*, 2006, 6:29-35.
- 4 Schwarz PE, Lindstrom J, Kissimova-Scarbeck K, et al. The European perspective of type 2 diabetes prevention: diabetes in Europe-prevention using lifestyle, physical activity and nutritional intervention (DE-PLAN) project. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, 2008,116:167-72.
- 5 Venables MC, Jeukendrup AE. Physical inactivity and obesity: links with insulin resistance and type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Res Rev*, 2009, 25 Suppl 1:S18-23.
- 6 Hu FB, Sigal RJ, Rich-Edwards JW, et al. Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *JAMA*, 1999, 282:1433-9.
- 7 Nakanishi N, Takatorige T, Suzuki K. Daily life activity and risk of developing impaired fasting glucose or type 2 diabetes in middle-aged Japanese men. *Diabetologia*, 2004, 47:1768-75.
- 8 Okada K, Hayashi T, Tsumura K, et al. Leisure-time physical activity at weekends and the risk of Type 2 diabetes mellitus in Japanese men: the Osaka Health Survey. *Diabet Med*, 2000, 17:53-8.
- 9 Perry IJ, Wannamethee SG, Walker MK, et al. Prospective study of risk factors for development of non-insulin dependent diabetes in middle aged British men. *BMJ*, 1995, 310:560-4.
- 10 Hu G, Lindstrom J, Valle TT, et al. Physical activity, body mass index, and risk of type 2 diabetes in patients with normal or impaired glucose regulation. *Arch Intern Med*, 2004, 164:892-6.
- 11 Meisinger C, Lowel H, Thorand B, et al. Leisure time physical activity and the risk of type 2 diabetes in men and women from the general population. The MONICA/KORA Augsburg Cohort Study. *Diabetologia*, 2005, 48:27-34.
- 12 Villegas R, Shu XO, Li H, et al. Physical activity and the incidence of type 2 diabetes in the Shanghai women's health study. *Int J Epidemiol*, 2006, 35:1553-62.
- 13 Eriksson KF, Lindgarde F. Prevention of type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus by diet and physical exercise. The 6-year Malmo feasibility study. *Diabetologia*, 1991, 34:891-8.
- 14 Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*, 2002, 346:393-403.
- 15 Harati H, Hadaegh F, Momenan AA, et al. Reduction in incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention in a middle eastern community. *Am J Prev Med*, 2010, 38:628-636.e1.
- 16 Liao D, Asberry PJ, Shofer JB, et al. Improvement of BMI, body composition, and body fat distribution with lifestyle modification in Japanese Americans with impaired glucose tolerance. *Diabetes Care*, 2002, 25:1504-10.
- 17 Morrato EH, Hill JO, Wyatt HR, et al. Physical activity in U.S. adults with diabetes and at risk for developing diabetes, 2003. *Diabetes Care*, 2007, 30:203-9.
- 18 中华医学会内分泌学分会肥胖学组. 中国人肥胖症防治专家共识. *中华内分泌代谢杂志*, 2011, 27:711-7.
- 19 McMichael AJ. Food, nutrition, physical activity and cancer prevention. Authoritative report from World Cancer Research Fund provides global update. *Public Health Nutr*, 2008, 11:762-3.
- 20 Grontved A, Hu FB. Television viewing and risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a meta-analysis. *JAMA*, 2011, 305:2448-55.

- 21 Kay SJ, Fiatarone SMA. The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obes Rev*, 2006, 7:183-200.
- 22 Saris WH, Blair SN, van BMA, et al. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev*, 2003, 4:101-14.
- 23 Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med*, 2001, 344:1343-50.
- 24 Li G, Zhang P, Wang J, et al. The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: a 20-year follow-up study. *Lancet*, 2008, 371:1783-9.
- 25 Kosaka K, Noda M, Kuzuya T. Prevention of type 2 diabetes by lifestyle intervention: a Japanese trial in IGT males. *Diabetes Res Clin Pract*, 2005, 67:152-62.
- 26 Ramachandran A, Snehalatha C, Mary S, et al. The Indian Diabetes Prevention Programme shows that lifestyle modification and metformin prevent type 2 diabetes in Asian Indian subjects with impaired glucose tolerance (IDPP-1). *Diabetologia*, 2006, 49:289-97.
- 27 Slentz CA, Houmard JA, Kraus WE. Modest exercise prevents the progressive disease associated with physical inactivity. *Exerc Sport Sci Rev*, 2007, 35:18-23.
- 28 Stensel D. Exercise, appetite and appetite-regulating hormones: implications for food intake and weight control. *Ann Nutr Metab*, 2010, 57 Suppl 2:36-42.
- 29 Martins C, Morgan L, Truby H. A review of the effects of exercise on appetite regulation: an obesity perspective. *Int J Obes (Lond)*, 2008, 32:1337-47.
- 30 Scully M, Dixon H, White V, et al. Dietary, physical activity and sedentary behaviour among Australian secondary students in 2005. *Health Promot Int*, 2007, 22:236-45.
- 31 Bennett B, Sothorn MS. Diet, exercise, behavior: the promise and limits of lifestyle change. *Semin Pediatr Surg*, 2009, 18:152-8.
- 32 Elliott JO, Lu B, Moore JL, et al. Exercise, diet, health behaviors, and risk factors among persons with epilepsy based on the California Health Interview Survey, 2005. *Epilepsy Behav*, 2008, 13:307-15.
- 33 Pan XR, Li GW, Hu YH, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care*, 1997, 20:537-44.
- 34 Laaksonen DE, Lindstrom J, Lakka TA, et al. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: the Finnish diabetes prevention study. *Diabetes*, 2005, 54:158-65.
- 35 Burtscher M, Gatterer H, Kunczicky H, et al. Supervised exercise in patients with impaired fasting glucose: impact on exercise capacity. *Clin J Sport Med*, 2009, 19:394-8.
- 36 Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care*, 2006, 29:2518-27.
- 37 罗莎, 罗珊, 马爱霞. 运动干预对2型糖尿病患者血糖控制效果的Meta分析. *中国药物经济学*, 2011:32-42.
- 38 Hung JW, Liou CW, Wang PW, et al. Effect of 12-week tai chi chuan exercise on peripheral nerve modulation in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Rehabil Med*, 2009, 41:924-9.
- 39 Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications*, 2006, 20:216-23.
- 40 Sridhar B, Haleagrahara N, Bhat R, et al. Increase in the heart rate variability with deep breathing in diabetic patients after 12-month exercise training. *Tohoku J Exp Med*, 2010, 220:107-13.
- 41 Johansen KL. Exercise and chronic kidney disease: current recommendations. *Sports Med*, 2005, 35:485-99.
- 42 Gong Q, Gregg EW, Wang J, et al. Long-term effects of a randomised trial of a 6-year lifestyle intervention in impaired glucose tolerance on diabetes-related microvascular complications: the China Da Qing Diabetes Prevention Outcome Study. *Diabetologia*, 2011, 54:300-7.

- 43 Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *J Am Coll Cardiol*, 2001,38:860-6.
- 44 Redmon JB, Bertoni AG, Connelly S, et al. Effect of the look AHEAD study intervention on medication use and related cost to treat cardiovascular disease risk factors in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 2010, 33:1153-8.
- 45 Gregg EW, Gerzoff RB, Caspersen CJ, et al. Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. *Arch Intern Med*, 2003, 163:1440-7.
- 46 Otterman NM, van SCH, der Schaaf M v, et al. An exercise programme for patients with diabetic complications: a study on feasibility and preliminary effectiveness. *Diabet Med*, 2011, 28:212-7.
- 47 Holmes GB, Lin J. Etiologic factors associated with symptomatic achilles tendinopathy. *Foot Ankle Int*, 2006, 27:952-9.
- 48 Hashimoto Y, Futamura A. Prevalence of allergic rhinitis is lower in subjects with higher levels of fasting plasma glucose. *Diabetes Care*, 2010, 33:e143.
- 49 Rakel A, Sheehy O, Rahme E, et al. Osteoporosis among patients with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetes Metab*, 2008, 34:193-205.
- 50 Issa C, Zantout MS, Azar ST. Osteoporosis in men with diabetes mellitus. *J Osteoporos*, 2011, 2011:651867.
- 51 Andersen H, Nielsen S, Mogensen CE, et al. Muscle strength in type 2 diabetes. *Diabetes*, 2004, 53:1543-8.
- 52 Andreassen CS, Jakobsen J, Ringgaard S, et al. Accelerated atrophy of lower leg and foot muscles--a follow-up study of long-term diabetic polyneuropathy using magnetic resonance imaging (MRI). *Diabetologia*, 2009, 52:1182-91.
- 53 Taylor BV, Dunne JW. Diabetic amyotrophy progressing to severe quadriparesis. *Muscle Nerve*, 2004, 30:505-9.
- 54 Evans N, Forsyth E. End-stage renal disease in people with type 2 diabetes: systemic manifestations and exercise implications. *Phys Ther*, 2004, 84:454-63.
- 55 吴毅,吴军发.运动疗法在糖尿病预防和治疗中的作用.中国康复医学杂志, 2007, 22:385-386.
- 56 Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, et al. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes*, 2006, 55:1813-8.
- 57 Brooks N, Layne JE, Gordon PL, et al. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci*, 2007, 4:19-27.
- 58 James DE, Jenkins AB, Kraegen EW. Heterogeneity of insulin action in individual muscles in vivo: euglycemic clamp studies in rats. *Am J Physiol*, 1985, 248:E567-74.
- 59 Lumini JA, Magalhaes J, Oliveira PJ, et al. Beneficial effects of exercise on muscle mitochondrial function in diabetes mellitus. *Sports Med*, 2008, 38:735-50.
- 60 Chapman MJ. Metabolic syndrome and type 2 diabetes: lipid and physiological consequences. *Diab Vasc Dis Res*, 2007, 4 Suppl 3:S5-8.
- 61 Castaneda C, Bermudez OI, Tucker KL. Protein nutritional status and function are associated with type 2 diabetes in Hispanic elders. *Am J Clin Nutr*, 2000,72:89-95.
- 62 Wasserman DH, Davis SN, Zinman B. Fuel metabolism during exercise in health and diabetes. In:Ruderman N DJT, Schneider SH,eds. *Handbook of Exercise in Diabetes*: Alexandria,VA: American Diabetes Association, 2002, 63-99.
- 63 Fujita S, Rasmussen BB, Cadenas JG, et al. Aerobic exercise overcomes the age-related insulin resistance of muscle protein metabolism by improving endothelial function and Akt/mammalian target of rapamycin signaling. *Diabetes*, 2007, 56:1615-22.
- 64 李红,李霖.血糖波动与氧化应激.中华医学杂志, 2010, 90:2956-2958.
- 65 Brownlee M. The pathobiology of diabetic complications: a unifying mechanism. *Diabetes*, 2005, 54:1615-25.
- 66 Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*, 2010, 33:e147-67.
- 67 McGavock JM, Eves ND, Mandic S, et al. The role of exercise in the treatment of

- cardiovascular disease associated with type 2 diabetes mellitus. *Sports Med*, 2004, 34:27-48.
- 68 Egede LE, Zheng D. Independent factors associated with major depressive disorder in a national sample of individuals with diabetes. *Diabetes Care*, 2003, 26:104-11.
- 69 Williamson DA, Rejeski J, Lang W, et al. Impact of a weight management program on health-related quality of life in overweight adults with type 2 diabetes. *Arch Intern Med*, 2009, 169:163-71.
- 70 卫生部疾病控制司,中华医学会糖尿病学分会.《中国糖尿病防治指南》(试行本)(节选).中国慢性病预防与控制,2004,12:283-285.
- 71 Farrell PA, Gates WK, Maksud MG, et al. Increases in plasma beta-endorphin/beta-lipotropin immunoreactivity after treadmill running in humans. *J Appl Physiol*, 1982, 52:1245-9.
- 72 Evans JL, Goldfine ID, Maddux BA, et al. Are oxidative stress-activated signaling pathways mediators of insulin resistance and beta-cell dysfunction. *Diabetes*, 2003, 52:1-8.
- 73 李伟,谭恩洁.运动疗法与2型糖尿病的防治.实用糖尿病杂志,2010:8-9.
- 74 潘孝仁,李光伟.饮食和运动干预治疗对糖尿病发病率的影响—530例糖耐量低减人…中华内科杂志,1995,34:108-112.
- 75 孟月玲,成宝军.运动疗法对2型糖尿病防治的疗效观察.新疆医学,2009,38:26-28.
- 76 张绍维,全宝文.急性运动负荷对非肥胖NIDDM患者红细胞胰岛素受体的影响.中国糖尿病杂志,1995,3:61-61.
- 77 王颖.有氧锻炼对2型糖尿病的疗效观察及其机制探讨.河南大学学报:医学科学版,2002,21:64-65.
- 78 Hu FB, Li TY, Colditz GA, et al. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA*, 2003,289:1785-91.
- 79 刘国良.糖尿病病人运动治疗与实施.中国糖尿病杂志,1999,7:98-100.
- 80 江钟立.糖尿病的康复治疗.中华物理医学与康复杂志,2007:498-500.
- 81 Lustman PJ, Anderson RJ, Freedland KE, et al. Depression and poor glycemic control: a meta-analytic review of the literature. *Diabetes Care*, 2000, 23:934-42.
- 82 Kivimaki M, Hamer M, Batty GD, et al. Antidepressant medication use, weight gain, and risk of type 2 diabetes: a population-based study. *Diabetes Care*, 2010, 33:2611-6.
- 83 Tasali E, Mokhlesi B, Van Cauter E. Obstructive sleep apnea and type 2 diabetes: interacting epidemics. *Chest*, 2008, 133:496-506.
- 84 Winkelman JW, Redline S, Baldwin CM, et al. Polysomnographic and health-related quality of life correlates of restless legs syndrome in the Sleep Heart Health Study. *Sleep*, 2009, 32:772-8.
- 85 Valencia-Flores M, Orea A, Castano VA, et al. Prevalence of sleep apnea and electrocardiographic disturbances in morbidly obese patients. *Obes Res*, 2000, 8:262-9.
- 86 Babu AR, Herdegen J, Fogelfeld L, et al. Type 2 diabetes, glycemic control, and continuous positive airway pressure in obstructive sleep apnea. *Arch Intern Med*, 2005, 165:447-52.
- 87 Hassaballa HA, Tulaimat A, Herdegen JJ, et al. The effect of continuous positive airway pressure on glucose control in diabetic patients with severe obstructive sleep apnea. *Sleep Breath*, 2005, 9:176-80.
- 88 Kasai T, Narui K, Dohi T, et al. Prognosis of patients with heart failure and obstructive sleep apnea treated with continuous positive airway pressure. *Chest*, 2008, 133:690-6.
- 89 Becker HF, Jerrentrup A, Ploch T, et al. Effect of nasal continuous positive airway pressure treatment on blood pressure in patients with obstructive sleep apnea. *Circulation*, 2003,107:68-73.
- 90 Kaneko Y, Floras JS, Usui K, et al. Cardiovascular effects of continuous positive airway pressure in patients with heart failure and obstructive sleep apnea. *N Engl J Med*, 2003, 348:1233-41.
- 91 商永芳,姚民秀,徐倩,等.运动疗法对2型糖尿病患者血糖、血脂的影响.中国康复医学杂志,2006,21:367.
- 92 苏桂蓉,陈金锋,金艳,等.运动对初诊2型糖尿病患者血糖稳定性的影响.江苏医药,2011,37:685-687.
- 93 韩秀英,张建新.5年的饮食及运动疗法对糖尿病患者血糖尿糖的影响分析.现代医药卫生,2007,23:220-221.

- 94 沈雁红, 吴毅. 运动疗法对社区糖尿病患者血糖的影响. 中国康复医学杂志, 2009:1028-1029.
- 95 周加峰, 叶新新. 中等强度有氧和抗阻运动对老年 II 型糖尿病患者血液生化指标和心肺功能的影响. 北京体育大学学报, 2011, 34:64-66, 74.
- 96 Di LC, Fanelli C, Lucidi P, et al. Validation of a counseling strategy to promote the adoption and the maintenance of physical activity by type 2 diabetic subjects. *Diabetes Care*, 2003, 26:404-8.
- 97 Boule NG, Haddad E, Kenny GP, et al. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*, 2001, 286:1218-27.
- 98 陈朝晖, 张梅. 糖尿病运动疗法的机制研究进展. 中医药临床杂志, 2010:280-282.
- 99 叶雪萍, 李宁. 运动疗法对 2 型糖尿病临床疗效的影响. 宁夏医科大学学报, 2010, 32:431-433.
- 100 周惠, 牛瑞丽. 运动疗法干预 2 型糖尿病患者血糖血脂的变化. 中国临床康复, 2006, 10:152-153.
- 101 任保莲, 许颖丽, 宗英. 康复运动处方锻炼对 2 型糖尿病患者血糖、血脂与体质指标的影响. 中国临床康复, 2005, 9:14-16.
- 102 Lamarche B, Despres JP, Pouliot MC, et al. Is body fat loss a determinant factor in the improvement of carbohydrate and lipid metabolism following aerobic exercise training in obese women. *Metabolism*, 1992, 41:1249-56.
- 103 李斌, 刘礼斌, 刘小莺, 等. 中等强度运动对 2 型糖尿病伴肥胖患者胰岛素敏感性及血浆脂联素水平的影响. 中国临床康复, 2005, 9:22-24.
- 104 孙莉敏, 胡永善, 等. 社区糖尿病患者运动干预效果评价. 中国康复医学杂志, 2002, 17:93-96.
- 105 熊艳, 梁奕铨. 餐后不同时间急性运动负荷对 NIDDM 患者的降糖作用. 中山医科大学学报, 2000, 21:360-362.
- 106 梁瑶梦, 全雪珍, 黄小英. 运动疗法对 2 型糖尿病患者血液流变学的影响. 临床医药实践, 2009, 18:534-536.
- 107 汪涛, 张胜兰, 等. 老年 II 型糖尿病患者运动疗法前后血 β_2 微球蛋白的变化. 中国运动医学杂志, 2002, 21:105-106.
- 108 王小燕, 信晓宁. 运动疗法对 2 型糖尿病患者血液生化指标的影响. 中国临床康复, 2003, 7:1403-1405.
- 109 Balducci S, Alessi E, Cardelli P, et al. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis: response to Snowling and Hopkins. *Diabetes Care*, 2007, 30:e25; author reply e26.
- 110 Ciolac EG, Guimaraes GV, D'Avila VM, et al. Acute aerobic exercise reduces 24-h ambulatory blood pressure levels in long-term-treated hypertensive patients. *Clinics (Sao Paulo)*, 2008, 63:753-8.
- 111 崔旭红, 王丽娥. 自行车运动及游泳对 2 型糖尿病患者周围神经病变的改善作用. 中国临床康复, 2005, 9:65-65, 81.
- 112 Praet SF, van RES, Wijtvliet A, et al. Brisk walking compared with an individualised medical fitness programme for patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia*, 2008, 51:736-46.
- 113 李荣源, 薛桂月, 陈青云. 一级糖尿病运动处方对糖尿病周围神经病变的影响. 山东体育学院学报, 2010, 26:39-41.
- 114 薛桂月. 糖尿病量化运动处方强度的测定[J]. 广州体育学院学报, 2008, 28 (4) : 97-99
- 115 富清. 下肢及足部运动疗法对糖尿病性足溃疡的治疗作用. 中国临床康复, 2003, 7:3790-3790.
- 116 郭慧, 李骏, 江钟立. 体力活动的增加对 2 型糖尿病患者糖脂代谢和医药费用影响的随访观察. 中国康复医学杂志, 2007, 22:395-398.
- 117 尹群芳, 张秀薇, 陈伟坤, 等. 饮食运动等生活方式干预对初发 2 型糖尿病患者糖脂代谢和体重的影响. 中国实用医药, 2009, 4:27-29.
- 118 廖志红, 周凤琼. 生存质量是评价糖尿病治疗的重要指标. 中国糖尿病杂志, 2000, 8:304-305.
- 119 刘志文, 周智广, 陈小燕, 等. 多因素强化干预对新诊 2 型糖尿病患者生活质量和药物成本效果比的影响. 中国循证医学杂志, 2005, 5:386-390.

- 120 陆美琪, 胡传峰, 聂秀玲, 等. 2型糖尿病患者生活质量及相关影响因素. 江苏医药, 2005,31:304-305.
- 121 邱忠霞, 王涤非, 马贺军. 抗抑郁及心理干预对老年2型糖尿病抑郁的影响. 中国康复医学杂志, 2005, 20:456-457.
- 122 周秋红, 李湘平, 邹富珍, 等. 系统性自我管理教育对社区2型糖尿病患者生命质量及焦虑抑郁情绪的影响. 中南大学学报:医学版, 2011, 36:133-137.
- 123 卫巧贤, 梁国新, 卢惠珍, 等. 肥胖儿童运动后血脂、瘦素、糖耐量、BMI改变及其意义. 临床儿科杂志, 2004, 22:516-518.
- 124 Tessier D, Menard J, Fulop T, et al. Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. Arch Gerontol Geriatr, 2000, 31:121-132.
- 125 王秀芹. II型糖尿病患者的生命质量与运动干预的相关性研究. 齐鲁护理杂志, 2003, 9:484-485.
- 126 刘凤梅. 家庭支持对糖尿病患者生活质量的影响. 当代护士: 学术版, 2008:15-17.
- 127 Schweikert B, Hahmann H, Steinacker JM, et al. Intervention study shows outpatient cardiac rehabilitation to be economically at least as attractive as inpatient rehabilitation. Clin Res Cardiol, 2009, 98:787-95.
- 128 American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise. Diabetes Care, 2002, 25(suppl1):563-567.
- 129 Sigal RJ, Kenny GP, Boule NG, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. Ann Intern Med, 2007, 147:357-69.
- 130 Nathan DM, Buse JB, Davidson MB, et al. Medical management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a consensus algorithm for the initiation and adjustment of therapy: a consensus statement of the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. Diabetes Care, 2009, 32:193-203.
- 131 Eriksson J, Taimela S, Koivisto VA. Exercise and the metabolic syndrome. Diabetologia, 1997, 40:125-35.
- 132 Eriksson J, Taimela S, Eriksson K, et al. Resistance training in the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. Int J Sports Med, 1997, 18:242-6.
- 133 Miller JP, Pratley RE, Goldberg AP, et al. Strength training increases insulin action in healthy 50- to 65-yr-old men. J Appl Physiol, 1994, 77:1122-7.
- 134 张楚莹, 谢少花, 高德义. 匀速步行运动对2型糖尿病患者血压及血糖、血脂代谢的影响. 中国临床康复, 2005, 9:74-75.
- 135 熊艳, 梁奕铨. 餐后不同时间急性运动负荷对NIDDM患者的降糖作用. 中山医科大学学报, 2000, 21:360.
- 136 刘莉莉, 江钟立, 李骏, 等. 等热卡不同运动方式糖尿病患者代谢因素和心血管反应的研究. 中国康复医学杂志, 2006, 21:419-421.
- 137 张其周. 正确指导糖尿病患者的饮食和运动治疗[J]. 中国现代实用医学杂志, 2005, 4(7):762-63
- 138 中国2型糖尿病防治指南(2010年版). 中国糖尿病杂志, 2012, 20:后插1-后插36.
- 139 林文弢, 李品芳, 翁锡全. 不同强度有氧运动对糖尿病大鼠肝脏炎症状态的影响[J]. 体育学刊, 2011, 18(3):136-139
- 140 Gotshalk LA, Berger RA, Kraemer WJ. Cardiovascular response to a high-volume continuous circuit resistance training protocol[J]. J Strength Cond Res, 2004, 18(4):760-764
- 141 李高祥, 翁锡全, 杜亚. 抗阻运动训练对衰老大鼠胰岛素抵抗及糖代谢的影响[J]. 广州体育学院学报, 2011, 31(4):114-118
- 142 陈瓌瓌, 元香南, 尹杰, 等. 不同运动因素对2型糖尿病患者早餐后糖代谢的影响. 中国运动医学杂志, 2007, 26:29-33.
- 143 Rodbard HW, Jellinger PS, Davidson JA, et al. Statement by an American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology consensus panel on type 2 diabetes mellitus: an algorithm for glycemic control. Endocr Pract, 2009, 15:540-59.
- 144 Goodyear LJ, Kahn BB. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. Annu Rev Med, 1998, 49:235-61.
- 145 马怵梁. 糖尿病并发症饮食疗法. 北京:人民卫生出版社, 2005. 14-8.

- 146 江钟立. 运动疗法与糖尿病及肥胖症. 中国临床康复, 2004, 8:1105-1107.
- 147 江钟立. 糖尿病与运动疗法. 现代康复, 2001, 5:16-17.
- 148 江钟立. 糖尿病的康复治疗. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29:498-500.
- 149 江钟立. 糖尿病康复治疗进展. 实用老年医学, 2006, 20:86-89.
- 150 Beverly EA, Wray LA. The role of collective efficacy in exercise adherence: a qualitative study of spousal support and type 2 diabetes management. Health Educ Res, 2010, 25:211-23.
- 151 Nadeau DA. Partnering with patients to improve therapeutic outcomes: incretin-based therapy for type 2 diabetes. Postgrad Med, 2010, 122:7-15.
- 152 Meyer T, Brooks A. Therapeutic impact of exercise on psychiatric diseases: guidelines for exercise testing and prescription. Sports Med, 2000, 30:269-79.
- 153 Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, et al. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. Diabetes Care, 2006, 29:1433-8.
- 154 Dunstan DW, Daly RM, Owen N, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. Diabetes Care, 2002, 25:1729-36.
- 155 Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. Diabetes Care, 2006, 29:2518-27.
- 156 O'Donovan G, Kearney EM, Nevill AM, et al. The effects of 24 weeks of moderate- or high-intensity exercise on insulin resistance. Eur J Appl Physiol, 2005, 95:522-8.
- 157 Kang J, Robertson RJ, Hagberg JM, et al. Effect of exercise intensity on glucose and insulin metabolism in obese individuals and obese NIDDM patients. Diabetes Care, 1996, 19:341-9.
- 158 Dunstan DW, Daly RM, Owen N, et al. Home-based resistance training is not sufficient to maintain improved glycemic control following supervised training in older individuals with type 2 diabetes. Diabetes Care, 2005, 28:3-9.
- 159 Willey KA, Singh MA. Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes: bring on the heavy weights. Diabetes Care, 2003, 26:1580-8.
- 160 张彦峰. 浅谈运动处方的分类. 首都体育学院学报, 2004, 16:92-95.
- 161 王喆, 管仁莲, 刘芬, 等. 个体化运动处方对糖尿病患者疗效评价. 重庆医学, 2008, 37:413-414.
- 162 布斌, 侯乐荣, 周学兰, 等. 运动处方研究进展. 中国循证医学杂志, 2010, 10:1359-1366.
- 163 肖国强. 浅谈运动处方的实施. 体育学刊, 2001, 8:55-58.
- 164 张勤, 金豫, 江钟立, 等. 不同运动方式对糖尿病患者血糖的影响. 中国康复医学杂志, 2004, 19:253-254, 268.
- 165 杨文龙. 运动对糖尿病患者血糖变化的影响. 中国当代医药, 2010, 17:143-144.
- 166 陈元武, 黄元讯. 浅谈运动强度的分类和表示方法. 湖北体育科技, 1997, 3(3):42-44.
- 167 周爱民, 戴霞, 陈青云, 等. 糖尿病量化运动处方的安全性研究. 护士进修杂志, 2009, 24:292-294.
- 168 刘政潭. 不同运动方式对2型糖尿病患者血糖相关指标的影响. 山东体育学院学报, 2010, 26:46-51.
- 169 王晶晶. 体力活动与骨骼、关节和肌肉健康. 体育科研, 2011, 32:44-50.
- 170 O'Donovan G, Blazevich AJ, Boreham C, et al. The ABC of Physical Activity for Health: a consensus statement from the British Association of Sport and Exercise Sciences. J Sports Sci, 2010, 28:573-91.
- 171 周洁. 运动训练强度的监控. 山西体育科技, 2003, 23:1-3.
- 172 宋刚, 许春艳, 严翊, 等. 应用心率表间接测定的最大摄氧量. 中国临床康复, 2005, 9:25-27.
- 173 Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, et al. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. Diabetes Care, 2004, 27:2518-39.
- 174 陈吉棣 主编 运动营养学. 北京大学医学出版社, 2002.
- 175 ACMS guidelines for Exercise in Type 2 Diabetes. 2010.
- 176 雷启蓉, 张泽芳, 王惠兰. 运动疗法对冠心病合并糖尿病患者血液生化指标的影响. 中国临床康复, 2005, 9:203.
- 177 罗兴华, 李凤英, 王晓东. 冠心病的运动疗法. 解放军体育学院学报, 2002, 21:70-71, 82.
- 178 金怡, 江钟立, 招少枫等. 低强度运动对糖尿病大鼠心肌细胞凋亡的保护作用. 中国康

- 复医学杂志, 2009, 24:15-19.
- 179 Standards of medical care in diabetes--2011. *Diabetes Care*, 2011, 34 Suppl 1:S11-61.
- 180 Manfredini F, Malagoni AM, Mandini S, et al. Sport therapy for hypertension: why, how, and how much. *Angiology*, 2009, 60:207-16.
- 181 李红卫, 江钟立, 吴亚文, 等. 运动训练对糖尿病大鼠尾神经传导速度的影响. *中国康复医学杂志*, 2009, 24:412-415.
- 182 李红卫, 江钟立, 沈振海, 等. 运动训练对糖尿病大鼠骨骼肌神经营养因子-3水平的影响. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32:241-244.
- 183 Vantuyghem MC, Press M. Management strategies for brittle diabetes. *Ann Endocrinol (Paris)*, 2006, 67:287-96.
- 184 Schade DS, Burge MR. Brittle diabetes: etiology and treatment. *Adv Endocrinol Metab*, 1995, 6:289-319.
- 185 Cryer PE, Axelrod L, Grossman AB, et al. Evaluation and management of adult hypoglycemic disorders: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab*, 2009, 94:709-28.
- 186 Riddell M, Perkins BA. Exercise and glucose metabolism in persons with diabetes mellitus: perspectives on the role for continuous glucose monitoring. *J Diabetes Sci Technol*, 2009, 3:914-23.
- 187 Dempsey JC, Butler CL, Sorensen TK, et al. A case-control study of maternal recreational physical activity and risk of gestational diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract*, 2004, 66:203-15.
- 188 Davenport MH, Mottola MF, McManus R, et al. A walking intervention improves capillary glucose control in women with gestational diabetes mellitus: a pilot study. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2008, 33:511-7.
- 189 Retnakaran R, Qi Y, Sermer M, et al. Gestational diabetes and postpartum physical activity: evidence of lifestyle change 1 year after delivery. *Obesity* □Silver Spring□, 2010, 18:1323-9.
- 190 Metzger BE, Coustan DR. Summary and recommendations of the Fourth International Workshop-Conference on Gestational Diabetes Mellitus. The Organizing Committee. *Diabetes Care*, 1998, 21 Suppl 2:B161-7.
- 191 ACOG committee opinion. Exercise during pregnancy and the postpartum period. Number 267, January 2002. American College of Obstetricians and Gynecologists. *Int J Gynaecol Obstet*, 2002, 77:79-81.
- 192 Artal R. Exercise and diabetes mellitus in pregnancy. A brief review. *Sports Med*, 1990, 9:261-5.
- 193 Graham C, Lasko-McCarthy P. Exercise options for persons with diabetic complications. *Diabetes Educ*, 1990, 16:212-20.
- 194 Toyama K, Sugiyama S, Oka H, et al. Exercise therapy correlates with improving renal function through modifying lipid metabolism in patients with cardiovascular disease and chronic kidney disease. *J Cardiol*, 2010, 56:142-6.
- 195 Castenfors J, Mossfeldt F, Piscator M. Effect of prolonged heavy exercise on renal function and urinary protein excretion. *Acta Physiol Scand*, 1967, 70:194-206.
- 196 Poortmans JR. Exercise and renal function. *Sports Med*, 1984, 1:125-53.
- 197 Poortmans JR, Vanderstraeten J. Kidney function during exercise in healthy and diseased humans. An update. *Sports Med*, 1994, 18:419-37.
- 198 Camacho RC, Galassetti P, Davis SN, et al. Glucoregulation during and after exercise in health and insulin-dependent diabetes. *Exerc Sport Sci Rev*, 2005, 33:17-23.
- 199 Duclos M, Virally ML, Dejager S. Exercise in the management of type 2 diabetes mellitus: what are the benefits and how does it work. *Phys Sportsmed*, 2011, 39:98-106.
- 200 Toni S, Reali MF, Barni F, et al. Managing insulin therapy during exercise in type 1 diabetes mellitus. *Acta Biomed*, 2006, 77 Suppl 1:34-40.
- 201 Hopkins D. Exercise-induced and other daytime hypoglycemic events in patients with diabetes: prevention and treatment. *Diabetes Res Clin Pract*, 2004, 65 Suppl 1:S35-9.
- 202 Steppel JH, Horton ES. Exercise in the management of type 1 diabetes mellitus. *Rev Endocr*

- Metab Disord, 2003, 4:355-60.
- 203 Rabasa-Lhoret R, Bourque J, Ducros F, et al. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). *Diabetes Care*, 2001, 24:625-30.
- 204 Peirce NS. Diabetes and exercise. *Br J Sports Med*, 1999,33:161-72; quiz 172-3, 222.
- 205 Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. Intermittent high-intensity exercise does not increase the risk of early postexercise hypoglycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 2005, 28:416-8.
- 206 Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. The decline in blood glucose levels is less with intermittent high-intensity compared with moderate exercise in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 2005, 28:1289-94.
- 207 Zinman B. Exercise and the pump. In: Fredrickson L, ed. *The insulin pump therapy book*. Los Angeles: MiniMed, 1995.106-15.
- 208 Wolfsdorf JI. Children with diabetes benefit from exercise. *Arch Dis Child*, 2005, 90:1215-7.
- 209 Galbo H, Tobin L, van LLJ. Responses to acute exercise in type 2 diabetes, with an emphasis on metabolism and interaction with oral hypoglycemic agents and food intake. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2007, 32:567-75.
- 210 Larsen JJ, Dela F, Madsbad S, et al. Interaction of sulfonylureas and exercise on glucose homeostasis in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care*, 1999, 22:1647-54.
- 211 Riddle MC, McDaniel PA, Tive LA. Glipizide-GITS does not increase the hypoglycemic effect of mild exercise during fasting in NIDDM. *Diabetes Care*, 1997, 20:992-4.
- 212 Rosenstock J, Hassman DR, Maddar RD, et al. Repaglinide versus nateglinide monotherapy: a randomized, multicenter study. *Diabetes Care*, 2004, 27:1265-70.
- 213 McDonnell ME. Combination therapy with new targets in Type 2 diabetes: a review of available agents with a focus on pre-exercise adjustment. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 2007, 27:193-201.
- 214 Wagner H, Degerblad M, Thorell A, et al. Combined treatment with exercise training and acarbose improves metabolic control and cardiovascular risk factor profile in subjects with mild type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 2006, 29:1471-7.
- 215 Spengler M, Schmitz H, Landen H. Evaluation of the efficacy and tolerability of acarbose in patients with diabetes mellitus : a postmarketing surveillance study. *Clin Drug Investig*, 2005, 25:651-9.
- 216 史祝梅, 李爱民, 杨桂志, 等. 烟台市社区健身运动损伤的流行病学调查. *现代预防医学*, 2006, 33:306-308.
- 217 黄庆, 徐先霞, 朱静. 安庆市社区中老年人锻炼时运动损伤状况的调查研究. *中国社会医学杂志*, 2010, 27:217-218.
- 218 朱子平, 叶嘉禾, 等. 老年运动损伤的调查研究. *浙江体育科学*, 2003, 25:13-15.
- 219 Tansey MJ, Tsalikian E, Beck RW, et al. The effects of aerobic exercise on glucose and counterregulatory hormone concentrations in children with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 2006, 29:20-5.
- 220 Franz MJ, Powers MA, Leontos C, et al. The evidence for medical nutrition therapy for type 1 and type 2 diabetes in adults. *J Am Diet Assoc*, 2010, 110:1852-89.
- 221 Tuominen JA, Karonen SL, Melamies L, et al. Exercise-induced hypoglycaemia in IDDM patients treated with a short-acting insulin analogue. *Diabetologia*, 1995, 38:106-11.



感谢  拜耳医药保健有限公司和  糖友传媒的大力支持