



头低位训练对人体机能影响研究进展 Review of Head Down Tilt Training on Human Body Function

孙明运^{1*},周多奇¹,章翔¹,孟海江¹,马祖长²,周玉华¹,徐先霞¹
SUN Mingyun^{1*},ZHOU Duoqi¹,ZHANG Xiang¹,MENG Haijiang¹,
MA Zuchang²,ZHOU Yuhua¹,XU Xianxia¹

摘要:综述国内外研究头低位体位及训练对人体机能,如心肺功能、前庭功能、心血管中枢反应、血流动力学特征等生理功能的影响。头低位倾斜度范围为 $-5^{\circ}\sim-90^{\circ}$,大部分持续时间较短,较长周期的研究较少;头低位训练研究相对广度、深度均显不足。前庭功能是倒立训练人体平衡能力重要考量指标。头低位训练激活自主神经系统功能发挥,能够改善与自主神经相关的心血管系统、神经、内分泌系统机能,起到预防、治疗与自主神经系统相关的某些病症的作用。由于研究人群、内容的差异,头低位训练导致的人体各系统功能变化机制在学界尚无定论,未来在这些方面的基础与应用研究将是热点,需深入探索。

关键词:头低位训练;人体平衡;血流动力学

Abstract: This paper reviews the literature about the effects of head down tilt training on the physiological functions of human body, such as cardiopulmonary function, vestibular function, cardiovascular central response, hemodynamic characteristics at home and abroad, etc. The range of head down tilt is $-5^{\circ}\sim-90^{\circ}$, most of which lasts for a short time, and there is a little research about long time head down tilt training. The relative breadth and depth of head down tilt training research are insufficient. Vestibular function is an important index of balance ability in head down tilt training. Head down tilt training can activate the function of autonomic nervous system, and improve the function of cardiovascular system, nervous system and endocrine system, prevent and treat some diseases related to autonomic nervous system. Due to the differences of research population and content, the mechanism of functional changes of human body system caused by head down tilt training is still uncertain in the academic field. The future research on the basis and application of these aspects will be one of the research focuses, which needs to be further explored.

Keywords: head down tilt training; body balance; hemodynamics

中图分类号:G808.1 **文献标识码:**A

基金项目:

安徽省哲学社会科学规划项目(AHSKY2018D58);安徽省教育厅自然科学研究重点项目(KJ2017A364);安徽省高等学校省级教学研究重点项目(2018jyxm1365)

*通信作者简介:

孙明运(1972-),男,副教授,博士,硕士研究生导师,主要研究方向为运动生物力学及运动康复, E-mail:smy0072008@126.com。

作者单位:

1. 安庆师范大学,安徽安庆246133;
2. 中国科学院合肥物质研究院,安徽合肥230031
1. Anqing Normal University, Anqing 246133, China;
2. Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China.

人体正常体位一般为直立位或直立倾斜位,日常工作、生活运动大部分以这样的体位为主,而相对较难的头低位训练(head down tilt training, HDTT)也受到大众青睐。HDTT是一种抵抗重力的抗阻训练,其作为一种医疗运动康复治疗手段最早出现于1694年,主要用于临床诊断、治疗、干预措施等研究(Kompanje et al., 2012),常用于治疗心动过速(Dyson et al., 2007)、晕厥(Medow et al., 2008)、超声检查腹腔液(Abrams et al., 1999)和提高肝脏手术后氧合作用(Meyers et al., 1998)等方面。

关于HDTT,最近的研究中亦有涉及,如头低位 -25° 机器人辅助切除术中,可降低位置相关眼部并发症的风险,而不增加手术操作的难度,手术期间血液损失少,并发症少,功能效果好,住院时间短(Nishikawa et al., 2017)。体位变化对肌肉血流影响(Villar et al., 2017)、眼内压影响(Lindén et al., 2018)、眩晕与前庭功能研究均有报道(Serrador, 2019),尤其是对体弱老年人可能产生跌倒、晕厥、心血管疾病甚至死亡(Juraschek et al.,

2020; Kleczyński et al., 2020)。也有研究报道,严重主动脉狭窄患者中,体位变化似乎不与晕厥相关(Kleczyński et al., 2016)。社区老年人常被忽视直立性低血压测量的问题(Damanti et al., 2018)。因此,体位变化对人体机能影响因果关系仍需长期、随机对照实验评估(Nikolaos et al., 2019)。

头低位的极限位——倒立位,在医学康复治疗中发挥很大作用,如朱清华(2015)发明的体位理疗排石装置为下胆结石治疗提供了安全有效的实践方法(毕如玉, 2015)。那么,从运动康复视角审视,什么是头低位训练,其是否对人体机能,如心血管系统、中枢神经系统、肌力增加及其他生理机能产生积极影响,是否可作为一种大众健身康复手段推广,值得深入探讨,本研究就头低位训练的康复功能及其在国内外医疗、运动康复中的应用加以综述。

1 头低位训练概念的界定

HDTT 常见的训练方法有徒手倒立、手头三角倒立、倒立体位下强腹式呼吸、倒立训练器辅助倒立、踝关节或膝关节倒挂训练、倒立床辅助头低位训练,以及航空航天模拟失重的头低位 -6° 、 -10° 、 -30° 、 -45° 、 -60° 、 -80° 、 -90° 等多种角度训练等。

根据研究目的不同,HDTT 训练包含动态训练、静态训练及动静结合训练等。动态训练中,如蹦床、跳水训练中的空中倒立姿势,体操中人体翻转动作等。静态训练中,如体操中的计时徒手倒立,航空航天领域(Liang et al., 2012)不同角度头低位静卧等。动静结合中,如中国传统杂技中倒立训练的动静结合,印度瑜伽中静态的倒立体位和动态的呼吸调节等。

但 HDTT 概念,目前还未发现统一的定义。根据前人研究,从运动人体科学视角,我们认为 HDTT 是指人体头部较躯干离地心距离近的体位下,根据运动锻炼需要,通过合理负荷动作练习,改善人体形态,提高机体各器官系统机能的训练。HDTT 操作性定义是指人体头部相对躯干距离地心较近的体位下,通常以身体纵轴和水平面夹角在 $[-90^\circ, 0^\circ)$ 范围内,以手、头、肩、膝关节、踝关节等环节中的一种或多种组合固定支撑,进行合理负荷的动作练习,主要改善人的身体形态、中枢神经功能、心肺功能等人体各器官系统机能的训练。倒立训练是 HDTT 的一种极限训练。

2 头低位训练的功能意义及可能存在的问题

2.1 头低位训练对人体平衡机能的影响

2.1.1 头低位训练对肌骨系统的影响

目前,人口老龄化已成为世界各国普遍面临的重要社会问题,增龄促使中老年人群的视听觉、本体感知机能、外周与中枢神经系统的协调控制机能、肌骨系统的运

动机能均发生退行性改变,造成人体平衡机能衰退,进而引起跌倒等伤害事件(吴玉韶, 2013)。通过科学有效的干预措施,提升老年人平衡机能,降低因跌倒造成的健康伤害和医疗费用,具有重要社会意义。

研究证明,抗阻负荷训练可防止老年人肌力流失及衰老性肌肉萎缩,提高老年人的平衡能力和肌肉功能(Seo et al., 2012)。随机对照试验发现,健康老年人的跌倒风险可通过以平衡功能、神经协调能力、肌力增加、本体感觉等为目标单因素或多因素运动干预有效地减少(林宇峰等, 2012; Yao et al., 2013)。

头低位训练对人体肌骨系统也具有一定的康复作用。Wang 等(2017)研究发现,振动联合牵引治疗椎间盘内压降低更为有效,这种疗法的有益效果可以避免椎间盘压迫脊髓神经,从而减轻腰痛。Cotuk 等(2018)采用类似的身体倾斜模型,评估四肢肌肉中的血液含量和氧饱和度。结果表明,急性体位改变时的肌肉氧饱和度可能主要受神经驱动对微血管循环的调节,而不是系统性心血管动力学的调节。

2.1.2 头低位训练对前庭功能的影响

在维系人体平衡能力方面起主要作用的是前庭系统、本体感受器及视觉系统。其中,起主导作用的是前庭系统(邹荣琪等, 2007),因为前庭系统中存在“大脑中的 GPS”方向细胞(吕吉尔, 2014)。

已有研究揭示,前庭系统对中老年人自主运动能力具有决定性影响,应引起老年医学、运动医学等领域的广泛重视,前庭系统功能检测与训练已经成为国际健康促进领域新的研究热点。前庭功能失调包括与前庭功能有直接关系的空间运动病,也包括姿态平衡障碍、空间错觉等(裴静琛, 2003)。Piker 等(2011)推测年龄对眼肌前庭诱发肌源性电位潜伏期产生影响的原因是中枢前庭系统功能减退,而非外周前庭系统功能减退。病因学研究也发现,外周前庭受损是单侧周围前庭病变、梅尼埃病及大多数眩晕发生的病因之一(杨旭, 2015)。

中枢前庭神经核接收前庭系统沿第八脑神经前庭支传来的信息,整合这些信息后,调整人体动作姿势,同时对人体视觉系统加以调节,以便保持人体平衡。陈爱华(2014)指出,前庭功能的测评与训练尚有诸多难题有待攻克。在前庭功能测评方面,由于前庭终端器官的反应无法直接获得,只能根据次级运动反射的结果间接评估前庭功能。训练方面,中枢前庭失调、外周系统的干扰等多种因素影响前庭平衡功能。Jarchow 等(2010)发现,前庭神经反应对本体感觉产生影响。潘毅(2007)研究跳水辅助手段 -90° HDTT,认为通过 HDTT 有助于刺激跳水运动员前庭蜗神经,提高其适应性,增强平衡、空间等信息综合处理能力。

2.1.3 头低位训练对人体平衡机能脑电/肌电的影响

王霆等(2014)、姜丽等(2014)发现,运动员脑电复杂

度、近似熵、抑制介质、5羟色氨、多巴胺等均在倒立训练后有显著变化。实验结果表明,定期、定量的倒立训练对缓解优秀射箭运动员负荷训练后产生的不良情绪、不适症状作用明显;运动员大脑血流发生改变,其中枢神经功能得到改善;倒立训练干预时间愈长,运动员中枢机能提高愈加明显。于建成等(2006)、房斌(2009)采用肌电图学与运动学对天津体操队男子运动员自由体操、双杠和吊环3种类型手倒立动作进行同步分析,发现不同类型手倒立动作中主要参与调控身体平衡肌群的肌电变化存在差异性。

2.2 头低位训练对血流动力学的影响

2.2.1 头低位训练对心血管中枢反应及外周血管反应的影响

在医疗、运动康复中,HDTT对心血管中枢的影响有较多研究。Lieshout等(2010)研究发现,心脏每搏输出量的改变和胸腔液体含量有关,而和中枢血管压力无关,同时证明心脏功能和容积有关,和充盈压无关。Vijayalakshmi等(2006)研究发现,在头低位 -80° ,减少收缩压力,舒张压力梯度显著增加,这种升压反应极有可能是因低氧血症或颅内血压的紧张所致。

Hannerz等(2004)发现,体位变化时,实验组和对照组血容量均发生了改变,颅内血压增长相同,只是经历了头痛的病人,体位变化引起的头痛感觉更明显。Shinoura等(2005)发现右脑总血红蛋白和脑组织氧饱和度与70岁以上老人相比较,70岁以下病人中增加较多,表明老人头昏和体位改变导致的右脑血压减少有关。Rozen等(2010)认为,头低位姿势是监测每天头痛病人较低大脑液体流动压很有用的方法。

在医疗、运动康复中,HDTT对于外周血管反应亦有较多研究。Yuan等(2012)发现,震动训练组相对于头低位 -6° 休息组对于血管产生不良反应有较好的抵制作用。Arbeille等(2011)证明瞬时血管阻力反应相比大脑到心血管输出重新分配更加直接,且这种反应发生在晕厥前几秒。黄志强等(1989)研究发现,短时间身体倒立未出现心功能指标异常情况。苏全生等(1989)研究表明,人体卧、倒位心肌兴奋性增高,心肌收缩性能改善。总之,与直立运动相比,急性头低位运动增加了次最大每搏量。此外,头低位训练可诱导直立和头低位的心肺适应性,而在直立运动时,主要观察对直立运动训练的适应性(Ade et al, 2013)。李志宏等(2002)对长期手倒立训练的38名高血压40~60岁中老年进行跟踪研究发现,每搏量和心输出量相对增多,而总外围阻力、平均动脉压及脉率呈下降趋势,认为倒立训练的降压作用是安全有效的。

2.2.2 头低位训练对肺功能的影响

Guo等(2013)研究头低位卧床休息动作,发现人体肺功能没有受到影响。研究发现,头低位卧床使肺血流量增加的同时,增加了肺循环的灌注压,有肺间质水肿的潜

在危害(卫世强等,2006)。这些研究主要是头低位卧床休息,人体处于静态状态。那么人体头低位时,若处于动态,如倒立强腹式呼吸、各种心肺功能训练,其结果又会怎样,值得进一步研究。

倒立训练是头低位倾斜训练中最为特殊和极限的一种,由于相关倒立器械功能还不完善,尚未普及到大众健身行列,普通人尤其是中老年人很难完成该动作或保持较长时间倒立动作,加之,受试者惧怕倒立,及其对人体的利害缺乏长期跟踪理论依据研究,可能是导致倒立训练研究不多见的主要原因。

2.3 头低位训练对激素、大小便频率等指标打的影响

在航空航天领域,研究者应用HDTT对航天员进行太空模拟训练研究。如头低位卧床休息也作为模拟太空失重训练的一种方法。Liang等(2012)发现,训练后实验组激素包括促肾上腺皮质激素、醛固酮、血浆肾素活性、心钠素、精氨酸抗利尿激素水平升高,大小便频率增大。

Mauran等(2003)研究3天头低位 -6° 姿势下,肾脏和荷尔蒙对注射生理盐水的反应,发现头低位对于胸腔体积受体负荷和坐位姿势达到同样的水平。

2.4 头低位训练对眼压的影响

Molloy等(2014)研究术后失明发现,在手术过程中,头低位姿势下,长达30 min时间间隔导致眼内压升高,眼灌注压减少因此失明。Laurie等(2019)研究头低位 -6° 卧床休息30天,发现眼内压升高,受试者视盘出现水肿。刘健等(1991)发现一例体操运动员倒立引起盘周脉络膜出血水肿情况,推测可能为自发性盘周脉络膜出血,临床进一步观察才能确定其原因。

Lavery等(2013)以兔子为模型,从仰卧到头低位,动脉压和颈动脉血流不变,眼内压、眼压、头静脉压、眶静脉压升高,心率降低。头低位不会引起水流量的显著变化,尽管兔子体内的静液柱比人类短,但兔子模型允许对可能参与头静脉压对姿势变化反应的的压力和系统参数进行足够敏感的测量。

2.5 头低位训练对人体生理机能利害研究

2.5.1 头低位训练对人体生理机能促进的研究

在HDTT对人体机能促进方面,研究者做了积极探索。如Kurihara等(2003)研究发现,身体姿势的改变,如直立位姿势下,脑氧合血红蛋白下降,组织氧合指数显著低于仰卧位;而在头低位 -6° 姿势下,组织氧合指数并没有发生显著性的变化。

在头低位训练对于心肺功能的促进方面,发现人体肺功能没有受到影响,短时间身体倒立未发现心功能指标异常。与直立运动相比,急性头向下倾斜运动增加了次最大每搏量。王霆等(2014)、姜丽等(2014)实验结果表明,定期、定量的倒立训练改善了射箭运动员中枢神经功能,对缓解优秀射箭运动员负荷训练后的焦虑情绪、睡眠质量及其他不适症状作用明显,且认为倒立训练干预

时间愈长,中枢机能提高愈明显。

吴斌等(2008)研究表明,反复体位改变训练可提高人体头低位耐力,血液向头部转移得到抑制是反复体位改变训练提高头低位耐力的主要机制。Naylor 等(2005, 2010)总结了医学、航空领域相关文献(1948—2002 年),发现实验对象大部分是健康人,年龄范围为 20~64 岁,也包括心血管病人及极少数心脏病患者,没有出现高血压人群。并且认为时间的长短对于头低位倾斜测试不具有显著影响,在静态条件下头低位倾斜测试心血管功能和年龄关系不大,但在诸如运动条件下心血管功能会呈现出年龄差异。倾斜姿势确实对心血管系统有一定刺激作用,改变血氧供给和需求,但对于健康人群无不良反应,对于冠状动脉功能不全或高血压病人采取胸部治疗干预措施时应考虑到倾斜姿势的作用。

如前所述,通过 HDTT 有助于刺激跳水运动员前庭蜗神经,提高其适应性,增强平衡、空间等信息综合处理能力。倒立训练的降压作用是安全有效的。“孟氏倒睡法”不仅具有消除体脑疲劳、恢复体脑力等生理学意义,且具有传统睡眠方法所没有的抗衰老、治未病的养生学意义。已有实验表明,手倒立练习是一项安全、有效的防治高血压、预防脑出血的重要体疗手段。

2.5.2 头低位训练对人体生理机能不利因素的研究

流行病学调查发现,人体由卧位转化到直立位时,年龄大于 20 岁人群,直立性低血压、高血压、晕厥的比例分别是 15.9%、1.1%、4.8%(Wu et al., 2008),揭示头低位训练时,体位改变亦可出现直立性低血压、高血压、晕厥等对人体不利现象,尤其是中老年人群更是具有一定风险。仰卧位血压较大,提示对高血压、糖尿病患者等脑血流有一定影响,特别是血压影响较大,应注意在卧床休息时保持头低位或高位,因为这两种体位对脑部血流刺激均优于平卧位。体位变化导致的直立位低血压对有基础病老年人可能存在产生跌倒、晕厥、心血管疾病甚至死亡的风险(Juraschek et al., 2020; Kleczyński et al., 2020)。

Liu 等(2012)发现,长期头低位卧床休息对认知和情绪产生消极影响。该研究仅是一种静态实验设计,并没有涉及动态训练方面。王英凤等(2017)研究认为,头低位与头高位反复体位改变降低了人体立位耐力。鲁力立等(2007)发现, -30°HDTT,部分女性出现一过性肢体麻木,以往实验中男性较少出现这些现象。认为,在 HDTT 中受试者面红、头痛、头胀等症状的轻重是由脑血流量调节直接影响的。

在航空航天领域模拟太空失重时,进行头低位静态训练产生的一系列问题,值得我们注意。如 14 天头低位体位对鼠肾功能、血容量和细胞内外液、体液头向分布对体液自稳性调节机制均有影响(沈羨云, 1992)。人体心血管系统发生一系列变化,包括血容量降低、压力反射或

调节机能减弱等(郝卫亚等, 1999)。头低位卧床使肺血流量增加的同时,增加了肺循环的灌注压,有肺间质水肿的潜在危害(卫世强等, 2006)。如前所述,头低位对眼内压也有一定影响。

3 头低位训练科学原理

由于研究人群、内容的差异及采用的训练方案(头低位角度、持续时间差异、训练周期)等差异,头低位训练导致的人体各系统功能变化机制在学界暂时还没有定论,很难根据某一种或特定机制完全阐明。

3.1 神经-体液调节机制

在重力作用下,人体体位变化主要影响血液的分配,心血管承受负荷刺激,引起血流动力学变化,激发神经和体液的调节机制(沈羨云, 1992; 薛莲等, 2005)。体位变化,自主神经系统被激活,同时刺激特定脑区的脑实质内产生支配脑血管中枢内神经,引起脑血管收缩或舒张,引起循环系统做出适当调节(Zhang et al., 2007)。通常,从仰卧位到直立位过渡时,由于重力作用,在下肢和内脏静脉聚集 300~800 mL 血液被重新分配,导致静脉回流量减少,每搏量、心输出量下降,最后血压水平下降,进而激活血压调节反射,即位于颈动脉窦和主动脉弓的压力感受器激活,导致交感神经系统受到刺激,副交感神经系统活动减弱,从而增加心率、静脉回流,心脏收缩力和血管张力。因此,血压水平得以恢复,外周血管阻力增加是血压恢复的主要原因,而心率增加可能起到补充作用;这些补偿性反应通常能够在几秒钟内使血压稳定。长时间直立(倒立)姿势,其他机制被激活,即肾素-血管紧张素-醛固酮系统的激活和加压素分泌的增加,协助调节体内长期血压与体液平衡(Magkas et al., 2019)。

人体体位变化时,维持足够的血压、心脏回流和脑血管灌注必须在一个动态系统中完成,这个动态系统可能任何时候都有大约 5% 的人体血液在毛细血管中, 8% 在心脏中, 12% 在肺血管中, 15% 在动脉系统中, 60% 在静脉系统中,有趣的是,直立位时脑部血压接近大脑自动调节的下限(Medow et al., 2008)。体位变化时,所有这些机制必须协调起作用,尤其是许多代偿性改变是通过自主神经系统的活动来协调的。因此,需要维持足够的脑灌注,发挥自主神经系统功能,支持意识。若某一机制出现障碍,协同补偿机制激活,以适应人体机能作用,尤其是优先保持脑部中枢功能正常,否则会导致短暂性低血压,静脉回流不畅,以及大脑低灌注状态,可能导致意识丧失。

自主神经功能障碍存在许多相互关系,主要分为反射晕厥、直立性体位心动过速晕厥和自主神经失活,继而引起相关神经源性晕厥、颈动脉窦过敏症、身体机能状态、 β 神经超敏反应、帕金森症和神经综合征等,这些相互关系可能导致由于自主神经功能紊乱而失去直立控制。

继发性疾病可由其他疾病、生化或结构缺陷或毒素引起 (Medow et al., 2008)(图1)。主动体位改变训练激活自主

神经系统功能,也许可以改善自主神经机能,起到预防和治疗与自主神经系统相关的某些病症。

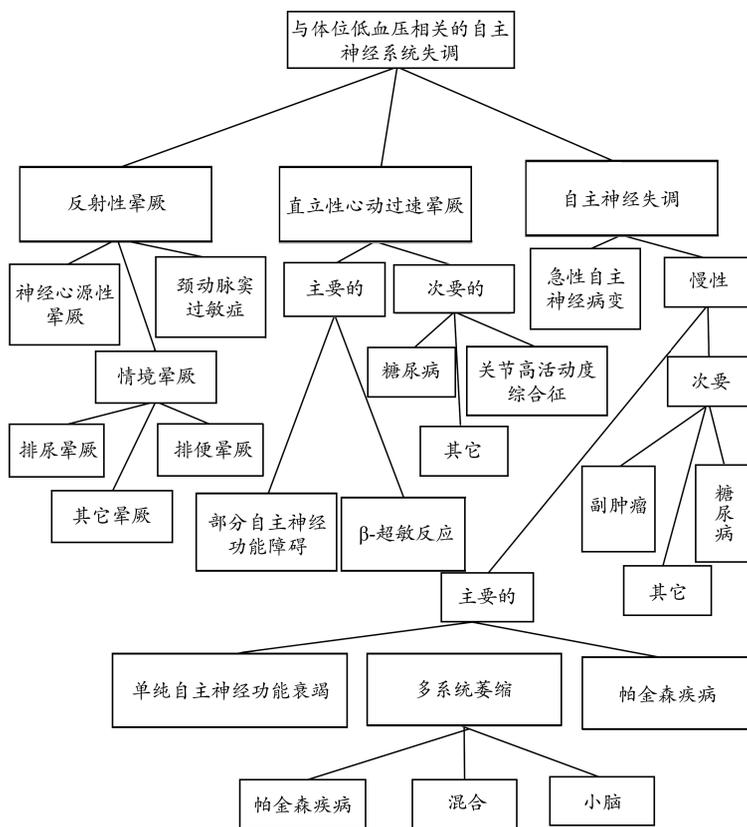


图1 与体位低血压相关的自主神经系统疾病 (Medow et al., 2008)

Figure 1. Disorders of the Autonomic Nervous System Associated with Orthostatic Intolerance

3.2 重力作用机制

由于重力作用,头低位体位下,人体颈部、肩背部、腰部负荷具有一定缓解作用,克服长期正常体位下这些部位过度紧张而产生的肌肉劳损等疾病(王文成,2007)。头低位体位下,内脏器官,尤其是心脏和肠胃在地心引力作用下,克服长期正常体位地心引力影响,改善内脏器官下垂症状(吕鸣宪,2014;王晓婷,2004)。

3.3 平衡功能调节机制

在头低位体位下,人体视觉(Lindén et al., 2018)、本体感觉、前庭功能(Serrador, 2019)均受到刺激,人体空间位置觉、运动觉变化,脑电复杂度、近似熵等显著变化,中枢神经功能得到改善,平衡系统功能得到提高(姜丽等, 2014;潘毅,2007;王霆等,2014)。

3.4 心肺功能调节机制

人体正常直立姿势时,血流减少的可能机制包括由于心肺和动脉压力反射的激活、交感神经兴奋性提高血管收缩血流减少、肌源性反应增加伴随动脉压升高、由于重力梯度作用静脉小动脉反射激活提高使得血流减少等(Villar et al., 2013)。在头低位体位下,改变重力向量和降低静液柱增加了肺毛细血管楔压、心室充盈压指数和

心室舒张末期容积,刺激心肺功能调节能力,重力作用引起心脏前后负荷、心脏收缩性变化,对心血管压力感受器活动变化起到关键作用,使下肢血液流向中枢循环,使心脏充盈,增加中枢血容量、每搏量(苏全生等,1989;卫世强等,2006)。

3.5 脑血流动力学机制

在头低位体位下,颈内动脉系统和椎动脉系统内血流量发生变化,使脑部动静脉压力差发生变化,同时脑的血流阻力改变,刺激脑部自身调节功能加强,脑部血流动力学调节功能改善(李志宏等,2002;吴斌等,2008)。

4 结论与展望

4.1 结论

国内外关于HDTT的研究,倾斜度范围多为-5°~-90°,持续时间多为短期,长期头低位训练研究较少。头低位训练对神经、心血管、内分泌等系统疾病的改善具有一定影响,激活自主神经系统功能,可能对与自主神经相关的某些病症起到预防、治疗作用。目前,在头低位训练-5°~-90°范围对人体生理、心理的影响在国内外研究有所涉及,但研究相对广度、深度不够。

4.2 展望

倒立训练也是一种抵抗重力的抗阻训练。倒立动态姿态平衡训练体现了感觉整合能力和运动协调能力,其优点是统一视觉、本体感觉、前庭觉在维持平衡中的作用,尤其前庭功能是倒立训练人体平衡能力的一个重要指标。未来,倒立训练姿势引起人体空间位置发生变化,刺激前庭功能,改善中枢功能,对于影响人体平衡能力方面的研究将是一个热点。

对于普通大众,可借助于倒立训练器械进行训练。由于倒立强腹式呼吸训练是一种固定在器械上的运动,运动幅度较小,可能适合健康中老年人。以后研究中,可针对中老年人进行倒立强腹式呼吸训练,探索其对中老年人前庭功能、血管反应、血流动力学特征及某些呼吸系统慢性病的影响,尤其是应加强前庭功能改善的基础性研究。应探索倒立训练健身规律,研制倒立健身器械,以为大众健身提供更多的健身方法及理论指导。

参考文献:

- 毕如玉, 2015. 江西一农民自制“排石床”救病妻 为爱发明获专利 [EB/OL]. http://china.cnr.cn/ygxw/20150114/t20150114_517421787.shtml.
- 陈爱华, 2014. 不可忽视的前庭研究[J]. 世界科学, 11: 35-36.
- 房斌, 2009. 不同类型手倒立动作的肌电图学与运动学分析[J]. 山东体育学院学报, 25(7): 66-68.
- 郝卫亚, 吴兴裕, 姚永杰, 等, 1999. 21 天头低位(-6°)卧床前后下体负压和头高位倾斜暴露时的心血管反应[J]. 中华航空航天医学杂志, 10(1): 10-13.
- 黄志强, 苏全生, 孙力行, 1989. 不同体位对血流动力学指标和心泵功能的影响[J]. 四川体育科学, 1(4): 15-20.
- 姜丽, 王霆, 2014. 倒立训练对射击运动员脑电图影响的研究[J]. 搏击·体育论坛, 6(7): 78-81.
- 李志宏, 刘瑛, 张桂青, 2002. 手倒立与中老年知识分子高血压脑溢血的预防研究[J]. 体育与科学, 23(6): 59-60.
- 林宇峰, 何建伟, 李海伟, 2012. 本体感觉神经肌肉易化技术(PNF)对 45~59 岁中年人平衡能力影响的实验研究[J]. 体育研究与教育, 27(6): 104-108.
- 刘健, 秦玉枝, 1991. 倒立引起盘周脉络膜出血水肿一例[J]. 眼科研究, 4: 199.
- 鲁力立, 吴斌, 吴萍, 等, 2007. 不同职业健康女性与男性对-30°头低位的反应[J]. 航天医学与医学工程, 20(2): 87-91.
- 吕吉尔, 2014. 大脑导航系统发现获 2014 年诺贝尔医学奖[J]. 世界科学, 11: 13.
- 吕鸣宪, 2014. 人体直立结构是各种慢性病的根源[J]. 医学争鸣, 5(4): 39-42.
- 孟光成, 2009. 试论孟氏倒睡法[J]. 中华中医药杂志, (S1): 105-109.
- 潘毅, 2007. 倒立在跳水基础训练中的应用[J]. 体育科技, 28(2): 43-56.
- 裴静琛, 常磊, 刘志强, 等, 2003. 航天员前庭功能的选拔[J]. 航天医学与医学工程, 16(s1): 494-499.
- 沈羨云, 1992. 14 天头低位倾斜对鼠肾功能、血管和细胞外液的影响[J]. 航天医学与医学工程, 5(3): 211.
- 苏全生, 黄志强, 孙力行, 1989. 体位变化对心动时相和心泵功能的影响[J]. 成都体育学院学报, 2(20): 88-96.
- 王霆, 李建英, 石岩, 等, 2014. 优秀射箭运动员倒立训练后脑电非线性参数及脑功能变化特征的研究[J]. 体育科学, 34(2): 48-53.
- 王文成, 2007. 反序运动: 在教学和训练中的应用研究[J]. 世纪桥, 145(11): 134-135.
- 王晓婷, 2004. 奇特的反常健身法[J]. 河北农业科技, 4: 40.
- 王英凤, 刘敏, 吴萍, 等, 2017. 头低位与头高位反复体位改变对人体立位耐力的影响[J]. 空军医学杂志, 33(5): 299-305.
- 卫世强, 王东平, 张三林, 2006. 头低位卧床对肺血流影响的试验研究[J]. 实用医药杂志, 23(7): 825-828.
- 吴斌, 吴萍, 薛月英, 等, 2008. 反复体位改变训练可提高人体头低位耐力[J]. 中国应用生理学杂志, 24(1): 116-120.
- 吴文平, 恩和白亿拉, 包有德, 2003. 浅谈倒立对人体心血管系统的影响[J]. 赤峰教育学院学报, 3: 53-54.
- 吴玉韶, 2013. 中国老龄事业发展报告(2013)[M]. 北京: 社会科学出版社.
- 薛莲, 孙飙, 2005. 头低位倾斜对血液循环及呼吸系统的影响[J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 4(2): 13-17.
- 杨旭, 2015. 国内神经科眩晕诊断现状及对策[J]. 中国卒中杂志, 10(5): 373-381.
- 于建成, 王健, 徐冬青, 等, 2006. 不同类型手倒立动作的肌电变化特征分析[J]. 天津体育学院学报, 21(6): 528-530.
- 朱清华, 2015. 体位理疗排石装置: CN104027221B[P]. 2015-11-04.
- 邹荣琪, 刘旭东, 李广周, 等, 2007. 木兰拳练习对改善老年妇女的平衡能力: 前庭功能的影响[J]. 中国体育科技, 43(2): 61-63.
- ABRAMS B J, SUKUMVANICH P, SEIBEL R, et al., 1999. Ultrasound for detection of intraperitoneal fluid: The role of Trendelenburg positioning [J]. Am J Emerg Med, 17(2): 117-120.
- ARBEILLE P, YUAN M, BAI Y, et al., 2011. Temporal artery flow response during the last minute of a head up tilt test, in relation with orthostatic intolerance after a 60 day head-down bed rest[J]. PLoS One, 6(10): 1-5.
- COTUK H B, DURU A D, PELVAN O, et al., 2018. Muscle blood content and muscle oxygen saturation in response to head down and head up tilt[J]. Acta Astronautica, 166: 548-553.
- DAMANTI S, CONSONNI D, VALENTINI A, et al., 2018. Orthostatic hypotension, an often-neglected problem in community-dwelling older people: Discrepancies between studies and real life[J]. J Geriatr Cardiol, 15(10): 644-646.
- DENG S L, 2013. Muscle strength training helps to reduce bone loss in early postmenopausal women[J]. Sci Sports, 28(5): 260-266.
- DYSON J, RICHARDSON A, 2007. Treatment of supraventricular tachycardias by placement in the Trendelenburg position [J]. Clin Auton Res, 17(6): 382-384.
- GUO Y H, GUO N, LIU C T, et al., 2013. Effect of artificial gravity with exercise training on lung function during head-down bed rest in humans[J]. Clin Physiol Funct Imaging, 33(1): 24-29.
- JURASCHEK S P, TAYLOR A A, JR J W, et al., 2020. Orthostatic hypotension, cardiovascular outcomes, and adverse events results from SPRINT[J]. Hypertension, 75(3): 660-667.
- KLECZYŃSKI P, DIMITROW P P, ARTUR D, et al., 2016. Decreased carotid and vertebral arterial blood-flow velocity in response to orthostatic unload in patients with severe aortic stenosis [J]. Cardiol J, 23(4): 393-401.
- KLECZYŃSKI P, DIMITROW P P, ARTUR D, et al., 2020. Predic-

- tors of syncope in patients with severe aortic stenosis: The role of orthostatic unload test[J]. *Cardiol J*, 27(6): 749-755.
- KOMPANJE E J O, GENDEREN M V, INCE C, 2012. The supine head-down tilt position that was named after the German surgeon Friedrich Trendelenburg[J]. *Eur Surg*, 44(3): 168-171.
- KURIHARA K, KIKUKAWA A, KOBAYASHI A, 2003. Cerebral oxygenation monitor during head-up and -down tilt using near-infrared spatially resolved spectroscopy[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 23(4):177-181.
- LAURIE S S, MACIAS B R, DUN J T N, et al., 2019. Optic disc edema after 30 days of strict head-down tilt bed rest[J]. *Ophthalmology*, 126(3):467-468.
- LAVERY W J, KIEL J W, 2013. Effects of head down tilt on episcleral venous pressure in a rabbit model[J]. *Exp Eye Res*, 111:88-94.
- LIANG X D, ZHANG L, WAN Y F, et al., 2012. Changes in the diurnal rhythms during a 45-day head-down bed rest[J]. *PLoS One*, 7(10):1-9.
- LIESHOUT J J V, HARMS M P, POTT F, et al., 2010. Stroke volume of the heart and thoracic fluid content during head-up and head-down tilt in humans[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 49(9): 1287-1292.
- LINDÉN C, QVARLANDER S, JOHANNESSON G, et al., 2018. Normal-tension glaucoma has normal intracranial pressure: A prospective study of intracranial pressure and intraocular pressure in different body positions[J]. *Ophthalmology*, 125(3):361-368.
- LIU Q, ZHOU R L, CHEN SH G, et al., 2012. Effects of head-down bed rest on the executive functions and emotional response[J]. *PLoS One*, 7(12):1-9.
- MAGKAS N, TSIIOUFIS C, THOMOPOULOS C, et al., 2019. Orthostatic hypotension: From pathophysiology to clinical applications and therapeutic considerations[J]. *J Clin Hypertens*, 21(5):546-554.
- MAURAN P, SEDIAME S, TRAON P L, et al., 2003. Renal and hormonal responses to isotonic saline infusion after 3 days' head-down tilt vs. supine and seated positions[J]. *Acta Physiol Scand*, 177(2):167-176.
- MEDOW M S, STEWART J M, SANYAL S, et al., 2008. Pathophysiology, diagnosis, and treatment of orthostatic hypotension and vasovagal syncope[J]. *Cardiol Rev*, 16(1): 4-20.
- MEYERS C, LOW L, KAUFMAN L, et al., 1998. Trendelenburg positioning and continuous lateral rotation improve oxygenation in hepatopulmonary syndrome after liver transplantation[J]. *Liver Transpl Surg*, 4(6):510-512.
- MOLLOY B, CONG X M, 2014. Perioperative dorzolamide-timolol intervention for rising intraocular pressure during steep Trendelenburg positioned surgery[J]. *AANA J*, 82(3):203-211.
- NAYLOR J M, CHOW C M, MCLEAN A S, et al., 2010. Cardiovascular responses to short-term head-down positioning in healthy young and older adults[J]. *Physiother Res Int*, 10(1):32-47.
- NAYLOR J M, HEARD R, CHOW C M, 2005. Physiotherapist attitudes and practices towards head-down and modified postural drainage in the presence of heart disease[J]. *Physiother Theory Pr*, 21(2): 121-135.
- NISHIKAWA M, WATANABE H, KURAHASHI T, 2017. Effects of 25- and 30-degree Trendelenburg positions on intraocular pressure changes during robot-assisted radical prostatectomy[J]. *Prostate Int*, 5(4): 135-138.
- PIKER E G, JACOBSON G P, MCCASLIN D L, et al., 2011. Normal characteristics of the ocular vestibular evoked myogenic potential[J]. *J Am Acad Audiol*, 22(4):222-230.
- ROZEN T, SWIDAN S, HAMEL R, et al., 2010. Trendelenburg position: A tool to screen for the presence of a low csf pressure syndrome in daily headache patients[J]. *Headache*, 48(9): 1366-1371.
- SEO B D, KIM B J, SINGH K, 2012. The comparison of resistance and balance exercise on balance and falls efficacy in older females[J]. *Eur Geriatr Med*, 3(5): 312-316.
- SERRADOR J M, 2019. The Cardiovascular Dizziness Connection: Role of Vestibular Autonomic Interactions in Aging and Dizziness [M]// *Dizziness and Vertigo Across the Lifespan*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier: 175-189.
- SHINOURA N, YAMADA R, 2005. Dizziness is associated with decreased vasoreactivity in right cerebral hemisphere for head-down manoeuvre -near-infrared spectroscopy study[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 25(1):16-19.
- VIJAYALAKSHMI P, MADANMOHAN, 2006. Acute effect of 30 degrees, 60 degrees and 80 degrees head-down tilt on blood pressure in young healthy human subjects[J]. *Ind J Physiol Pharmacol*, 50(1):28-32.
- VILLAR R, HUGHSON R L, 2013. Lower limb vascular conductance and resting popliteal blood flow during head-up and head-down postural challenges[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 33(3):186-191.
- VILLAR R, HUGHSON R L, 2017. Vascular conductance and muscle blood flow during exercise are altered by inspired oxygen fraction and arterial perfusion pressure[J]. *Physiol Rep*, 5(5):1-11.
- YAO L, GIORDANI B J, ALGASE D L, et al., 2013. Fall risk-relevant functional mobility outcomes in dementia following dyadic tai chi exercise[J]. *West J Nurs Res*, 35(3): 281-296.
- YUAN M, COUPE' M, BAI Y, et al., 2012. Peripheral arterial and venous response to tilt test after a 60-day bed rest with and without countermeasures (ES-IBREP)[J]. *PLoS One*, 7(3): 1-7.
- WANG S C, WANG L Z H, WANG Y W, et al., 2017. Biomechanical analysis of combining head-down tilt traction with vibration for different grades of degeneration of the lumbar spine[J]. *Med Eng Phys*, 39:83-93.
- WU J S, YANG Y C, LU F H, et al., 2008. Population-based study on the prevalence and correlates of orthostatic hypotension/hypertension and orthostatic dizziness[J]. *Hypertens Res*, 31(5): 897-904.
- ZHANG R, LEVINE B D, 2007. Autonomic ganglionic blockade does not prevent reduction in cerebral blood flow velocity during orthostasis in humans[J]. *Stroke*, 38(4): 1238-1244.

(收稿日期:2020-02-26; 修订日期:2021-07-06; 编辑:马婧)