



含漱碳水化合物对短时间(<90 min)运动能力作用的影响

徐倩

摘要: 相对于持续时间较长的运动,碳水化合物的干预对短时间运动的作用,不仅从效果上,还是从机理上都存在较大的争议。而国外有研究显示,在运动前以及运动过程中使用碳水化合物溶液进行含漱,能够改善机体的运动成绩,虽然作用机制尚不确定,但是含漱的方式可以避免因胃肠道反应或减控体重的需要与提高运动成绩之间的矛盾,为碳水化合物在运动实践中的应用提供了新的参考。文章运用文献资料法,将含漱碳水化合物对<90 min运动能力的作用做一个简单的整理分析,为今后更深入的研究做好准备工作。

关键词: 碳水化合物;含漱;运动能力

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2017)01-0076-05

Effects of Carbohydrate Mouth Rinse on Short Time (<90min) Exercise Capacity

XU Qian

(The Research Institute of Shanghai Sports Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: Other than the exercise lasting long time, there is a dispute about the role of carbohydrate intervention in the short time exercise, not only the effect but the mechanism. The foreign articles reveal that the exercise capacity can be improved with carbohydrate mouth rinse before and during the exercise. Although the mechanism is not clear, the method of mouth rinse can avoid the contradiction between the gastrointestinal reaction or the weight control and the performance improvement, which provides a new reference for the application of carbohydrate in practice. Using the method of literature study, the paper makes a simple analysis of the carbohydrate mouth rinse effect on the short time(<90min) exercise capacity so as to get prepared for future research.

Key Words: carbohydrate; mouth rinse; exercise capacity

碳水化合物是肌肉活动的主要能量来源,它以肌糖原的形式储存在肌肉中。短时间大强度运动时的能量绝大部分由其供给,而长时间、小强度运动时,碳水化合物也是首先被利用的能源物质。由于肌肉内 ATP 不断合成的最终能量来源为碳水化合物,故运动中肌糖原的消耗与运动疲劳的产生存在联系的观点已获得公认。

在耐力运动项目中,糖原的耗竭是造成运动性疲劳的重要因素之一,通过补充碳水化合物能够对长时间运动(≥ 90 min)产生机能增进的作用,延长运动至疲劳的时间^[1,2]。然而,补充碳水化合物对于相对较短时间内运动(<90 min)的作用却存在一定的争议。到目前为止,针对这个时间内的运动,不是所有摄取碳水化合物的研究都能获得有益的效果。如一项足球赛中的补糖试验显示,以疾跑次数、疾跑时间等作为指标,赛中补糖在上半场(45 min)能阻止足球运动员能力的下降,但在下半场与非补糖组却没有显著差异^[3]。对专业半程马拉松运动员的试验结果也显示,补糖组与安慰剂组在完成的时间上不存在差异^[4]。另一方面,Neufer 等的试验结果却肯定了碳水化合物干预的效果,研

究中,自行车运动员被给予 45 g 碳水化合物,在 45 min 的 80%最大摄氧量运动强度的训练之后,补糖组较对照组在之后的 15 min 内多完成了 10%的运动量^[5]。Murray 也在一项短时间、间歇性运动后的运动能力测试中发现,补糖受试者的运动能力比对照组高^[6]。

我们发现,碳水化合物在短时间、大强度运动中的作用很难进行解释,因为这时人体内存在足够的糖原,低血糖的情况并不会发生,所以猜测补充碳水化合物提高机能的作用可能是通过提高葡萄糖的氧化率而得到的。然而,又有研究显示^[5,7],碳水化合物干预组与安慰剂组在运动最初的 45~50 min 内不存在碳水化合物氧化率的差别。同时,Carter 等在试验中发现,静脉注射葡萄糖能够增加血液中用于氧化的葡萄糖,并且增加各组织对葡萄糖的摄取,然而却对 1 h 的自行车运动没有影响,从而猜测,消化道才是碳水化合物对运动发生作用的关键位置^[8]。然而令人意外的是,Carter 在之后的另一项研究结果中却发现,在不吞咽的情况下,含漱碳水化合物对于 1 h 自行车计时训练的成绩有所提高^[9]。这与 Pottier 等的研究结果相一致^[10]。

收稿日期: 2016-03-09

基金项目: 上海市体育局 2015 年重点备战类项目(14JT024)。

作者简介: 徐倩,女,助理研究员。主要研究方向:运动营养。E-mail: suki516@hotmail.com

作者单位: 上海体育科学研究所,上海 200030



可见,含漱碳水化合物可能会提高 1 h 左右时间运动项目的成绩。

此外,碳水化合物作为唯一可以通过血脑屏障、营养神经细胞的产能营养素,其对中枢神经系统的作用也越来越受到重视,特别是对技巧性等需要较高注意力的运动项目来说,碳水化合物对运动疲劳的缓解作用主要体现在了其对中枢神经系统的作用上。而它对中枢神经系统的作用也不仅仅体现在供给能量上,还与大脑内 5 羟色胺(5-HT)的生成有关^[11]。同时,研究也发现,含漱碳水化合物对运动员的作用也与大脑有关^[12]。可见,作为最快速和最便捷的能量来源,我们对碳水化合物的干预方式,以及作用机制还需要有更进一步的了解。

1 含漱碳水化合物对短时间持续性项目的作用

研究人员通常会采用跑步或自行车的计时成绩来评判运动员的耐力成绩,例如前者是计算规定时间内跑步的距离,而后者是以规定的总负荷为标准来计算完成的时间。然而,有研究显示,对受试者进行耐力成绩的测试时,骑车与跑步的试验结果可能会存在差别^[13],因为有研究发现,当受试者进行跑步与自行车的计时测试期间,被要求全程采用不同的速度节奏时,跑步者一般会保持自己选择的速度,而在结束前全速冲刺,而骑车的受试者会在完成前 3/4 总负荷量的时间内逐渐降低速度,当测试接近结束时又会提高速度。同时,我们还发现,在试验过程中,如果跑步者不能自己选择跑步速度,会对最终的成绩产生影响^[14,15]。所以,作为营养干预的评价手段,自行车的计时测试更能反映实际情况,因为如果含漱碳水化合物增加了受试者的“个人感知发挥率”(RPE),那么速度被人为控制的跑步机不能使受试者通过提高跑步速度而自发地提高成绩,而自行车的训练方式可以通过提高踏频来改变骑行距离或功率输出。所以,我们对试验期间受试者跑步的速度与自行车的踏频没有要求。Rollo 等在一项研究中表明,相较于含漱安慰剂组,含漱碳水化合物能够提高 1 h 跑台的跑步距离^[16]。试验中,我们选取了 10 名男性跑步者作为跑步组,在跑步过程中可以自己调整跑步速度,并随机分为干预组(含漱有电解质的碳水化合物溶液 CES)与对照组(含漱安慰剂),同时,选取另 10 名健康男性在跑步组 1 h 的跑步试验期间处于静止状态,同时也被随机分为干预组与对照组,结果显示,含漱 CES 的干预组能够比对照组在 1 h 内跑更长的距离,同时,含漱 CES 对跑步组或静止组的血糖水平都没有影响,由此可以判断,即使含漱的溶液有小部分被摄入体内,但对血糖值没有影响。Whitham 与 McKinney 在一项双盲试验中选取了 7 名男性,先在跑步机上完成了 15 min 的 65% 最大摄氧量负荷的运动,接着让受试者完成 45 min 的跑步任务,并比较在此期间补糖组与安慰剂组跑步的距离,允许受试者在此过程中按照自己的喜好调整速度,而含有 6% 麦芽糊精(97% 的多糖、2% 的双糖与 1% 的葡萄糖)的碳水化合物含漱液与安慰剂分别在运动前、以及运动中每 6 min 供给给受试者,让他们在充分含漱 5 s 之后全部吐出,研究结果显示,两组受试者在前面的 40 min 内跑步速度持续稳定,最后的 5 min 时间内跑

步的速度明显加快,然而干预组与安慰剂组的跑步距离却没有差别^[17]。这样的结果与之前的研究相矛盾,作者认为,可能是因为该试验中两组含漱的液体在口味上太过相似,也可能说明含漱麦芽糊精对大约 45 min 左右的跑步成绩没有作用。而 Benjamin 等的试验又一次肯定了含漱碳水化合物的作用,他们的试验结果显示,受试的 15 名男性在含漱 CES 溶液之后,90 min 跑台的成绩得到了提高^[18]。同时,Rollo 在另外一项 30 min 跑台的试验中也显示,含漱 6% 浓度的碳水化合物溶液能够提高受试者的运动表现^[19]。他对 10 名业余跑步爱好者进行了随机的双盲交叉试验,在彻夜空腹的前提下,分别于呼出气体的收集工作完成后即刻、热身前、热身期间的 3 min、6 min、9.5 min,以及 30 min 跑步期间以 5 min 为单位进行碳水化合物 5 s 的含漱干预,由于跑台可以根据受试者在跑台上的位置自主改变速度,所以结果显示干预组相较于含漱安慰剂的对照组,在前 5 min 的时间内跑步速度较快,且跑步的总距离也长了 115 m,差异存在统计学意义。Pottier 在研究中也发现,含漱 CES 对自行车的计时成绩有提高的作用^[10]。研究中,分别在一天中的同一个时间做了 4 次试验(含漱 CES、含漱安慰剂、摄入 CES、摄入安慰剂),4 组受试者给予液体的容量皆是 14 ml/kg 体重,皆含有 5.4% 的蔗糖以及 0.46% 的葡萄糖,且分别在试验前、热身后以及每完成 12.5% 总负荷的时候给予 2 ml/kg 体重、1.5 mg/kg 体重以及 1.5 ml/kg 体重的液体,同时,含漱组要求溶液在口腔中含漱 5 s 才能吐出,结果显示,含漱 CES 的方式比含漱安慰剂能花更短的时间来完成规定负荷的自行车运动($P < 0.05$),而摄入 CES 与摄入安慰剂组之间的差异没有统计学意义,同时,含漱 CES 与摄入 CES 之间的差异也没有统计学意义。为了了解含漱与摄入方式之间的差异,Rollo 做了另一个跑步试验,结果显示摄入 CES 比含漱 CES 能在 1 h 的时间内跑完更多的距离^[20]。试验中,对于“摄入”的受试者,无论是摄入 CES 溶液,还是安慰剂,都按照 30 min 前摄入 8 ml/kg 体重、试验开始前摄入 25 ml/kg 体重、试验中每 15 min 给予 2 ml/kg 体重的液体的方式进行干预,而“含漱”的受试者,仅设置含漱 CES 组,其干预方式为试验前 30 min、试验前即刻,以及试验中每隔 15 min 皆给予 25 ml 的 CES 溶液。这两个实验得出的“摄入碳水化合物”与“含漱碳水化合物”对耐力成绩的影响不尽相同,在分析其原因之后发现,Pottier 的试验中没有将摄入 CES 时溶液在口腔中停留的时间作为考虑因素,而 Rollo 在其研究中要求无论是含漱还是摄入,都需要将溶液在口腔中含漱至少 5 s 的时间。

2 含漱碳水化合物对短时间间歇性项目的作用

不同于持续性项目,间歇性项目对运动员的力量等素质会有更高的要求,而这些运动与肌肉受神经驱动的影响有关,同时,Gant 等在研究中也已指出,让受试者摄入碳水化合物可以增加大脑皮质的兴奋性,从而增加了产生运动潜能的频率^[21]。所以我们有理由猜测,口腔中对碳水化合物的感知会对中枢神经系统产生积极的影响,它能阻碍肌肉向中枢神经系统输入抑制信号,从而减少神经驱动的



下降。这不仅有益于有氧运动,同样可以提高无氧运动的业绩。然而,Painelli等的一项研究却发现,对12名业余力量训练者进行空腹8h后的最大力量以及力量耐力的测试,结果显示,含漱碳水化合物的干预组相较于安慰剂组与对照组,对最大力量以及力量耐力的成绩都没有影响^[22]。同样,Bortolotti等对12名U15的足球队员进行的试验也没有显示出含漱碳水化合物可以提高他们的反复冲刺成绩^[23]。试验中,受试队员被要求进行6组往返40m的冲刺跑,期间休息20s,并在试验开始前5min以及第一个冲刺与休息期间含漱10s碳水化合物溶液(含6%浓度的麦芽糊精)或安慰剂,结果显示,6组冲刺跑的最好成绩以及平均成绩都没有提高。然而,一项对受试队员进行连续干预碳水化合物的试验却得到了不同的结果^[24],研究中12名受试队员被要求在7min的热身时间内,每2min含漱一次碳水化合物溶液或者安慰剂,结果显示,相较于安慰剂组,含漱碳水化合物溶液后,有8名受试对象在自行车30s冲刺试验中提高了最大功率输出($P<0.05$)。同时,Beaven等的试验中也发现,对12名业余训练的男性受试者进行5组6s自行车冲刺的试验中,分别给予受试者6%浓度的葡萄糖溶液作为干预组、1.2%浓度的咖啡因溶液作为对照组,以及无能量糖精溶液的安慰剂组,在测试前,以及每组冲刺中间24s的调整阶段进行含漱干预(在口腔中停留5s),结果发现,相较于安慰剂组,干预组第一次冲刺的平均功率增加了,且差异有统计学意义^[25]。

3 含漱碳水化合物影响运动能力的中枢机制

McConell等在高强度的骑车试验中发现,所摄取的碳水化合物只有一小部分(26%)真正进入了外周循环,且摄入碳水化合物之后,在80%的最高摄氧量训练强度下,碳水化合物的氧化率、肌肉代谢或者力竭表现等均没有发生任何变化^[26]。还有研究显示,在1h骑行试验的最后15min,摄入的54g碳水化合物只氧化了9g^[8]。虽然从结果上发现这些干预对机体中碳水化合物的代谢并没有明显的影响,但确实对训练表现有增进的作用。同时,摄入碳水化合物提高机体性能的机制可能包括了保持较高的心输出量,并能减弱中心体温和心率的增加,但在不摄入液体的情况下,运动机体也会出现这种反应。此外,通过功能性核磁共振(FMRI),发现将葡萄糖或糖精钠放入口腔,前者会激活前额内原发性和继发性的味觉皮质,而这些区域被激活,又会刺激到背外侧前额、前扣带皮层、腹侧纹状体以及额叶等,它们都可以对激励刺激形成的行为以及自主反应进行控制,特别是背外侧前额和腹侧纹状体,它们分别在认知以及注意力的进程及行为中有重要的作用;而后者对前扣带皮层或者纹状体等都没有激活的作用^[27]。在Chamber等的试验中,同样从fMRI中获悉,人工甜味剂与碳水化合物能够激活大脑的不同部位,其中后者能够刺激大脑中负责激励和行为的控制区域^[12]。同时,Gant等也在研究中发现,在安慰剂以及无甜味的低聚麦芽糖中分别加入人工甜味剂后,只有后者才对运动表现的结果产生了有益的效果^[21]。可见,碳水化合物可能通过口腔中的受体,影响中枢神经系统来达到一定的影响作用,且这种影响不受碳水化

合物种类的影响,即使是无甜味的碳水化合物,它同样可以与葡萄糖一样产生同样的中枢神经反应。所以,虽然含漱碳水化合物提高训练表现的机制还不是非常的明确,但现在较为认可的是,它与口腔中连接大脑激励区域的受体有关。

4 干预浓度对干预作用的影响

摄入不同浓度的碳水化合物溶液,会因为渗透压等的原因,对人体的胃肠道产生一定的影响,然而,我们并没有发现将不同浓度的碳水化合物溶液进行含漱,有向中枢神经系统反馈胃肠道反应信息的相关报道。商业途径获得的运动饮料中,碳水化合物的浓度一般为6%左右,这也是为什么在上述研究中多数碳水化合物溶液的浓度都在6%左右的原因,但是,“含漱”与“摄入”碳水化合物的机理完全不同,所以,用含漱的方式可能需要用较高浓度的碳水化合物才会有更好的效果。研究者也就干预浓度问题做了相关的研究,例如Benjamin等就12%与6%浓度的CES进行了比较研究^[18],研究中让7名受试对象进行90min速度自主的跑台跑步,并设置了3个实验组,分别在跑步开始前,以及在跑步过程中的15min、30min以及45min干预安慰剂,或者6%与12%浓度的CES,结果显示,含漱CES能够提高90min耐力跑的表现,特别是最后10~30min速度的保障,但对于12%与6%的差异却没有统计学意义,研究还指出,并非碳水化合物含漱的浓度,而是碳水化合物含漱这件事能够对运动表现产生影响。同时,Smets等为了测试在摄入不同浓度碳水化合物(0%、8.3%与25%)时下丘脑的反应,对15名男性进行了fMRI的试验^[28]。试验前,受试者接受了整晚的空腹,接着进行37min不间断的脑部扫描,期间在7min的时候进行了干预液的摄入,发现在受试者摄入液体之后,下丘脑fMRI的信号立即开始下降,且一直持续了至少30min,同时,这个反应是与浓度有关的,浓度越高,信号下降越多。由于这些测试结果反映的是任何消化或代谢活动发生之前的现象(摄入后立即),所以可以认为是非代谢性的,且是和碳水化合物的浓度高度相关的。

5 干预前是否空腹对干预作用的影响

Small在研究中指出,对喜欢巧克力,且摄入早餐后4.5h,饥饿水平在5~7分(满分为10)的受试者进行试验时发现,摄入巧克力能够使他们获得满足感,并且通过脑部扫描,发现它能够激活与进食以及激励相关的大脑眶额皮层以及纹状体,通过生理状态的调节来达到稳态^[29]。而我们给受试对象进行碳水化合物的含漱干预,同样是通过刺激口腔中碳水化合物的受体,从而对中枢神经系统产生影响。所以猜测,在饱腹的状态下,碳水化合物含漱的效果会减弱,但是其原因尚不清楚,可能和饥饿与满足感有关,另外就是减少了口腔中较为敏感的受体数量。有研究表明,口腔中对碳水化合物的感知,只在肌糖原与肝糖原储存减少的时候才发挥作用^[30]。然而,也有研究发现,对接受试验的13名非专业运动员来说,无论是测试前整夜空腹的,或者是测试前3h摄入早餐的,含漱碳水化合物都能



够提高 1 h 左右的自行车力竭试验的成绩^[31]。试验中,对 13 名非自行车运动员进行了干预,要求他们在功率自行车上完成持续负荷为 60%最大功率的骑行至力竭,期间每 5 min 含漱浓度为 6.4%的碳水化合物溶液或者安慰剂,并在口中滞留 5~10 s 再吐出,结果发现,相较于含漱安慰剂,干预组无论是彻夜空腹的,还是在 3 h 之前摄入了富含碳水化合物早餐的,在力竭时间上都增加,且空腹组能够增加 10%,非空腹组能够增加 3%。为了进一步进行研究,Stephen 等对 4 名专业运动员进行了 1 h 的计时试验,最后也发现无论是测试前整晚空腹,或者是在 2 h 前摄入了富含碳水化合物的早餐,1 h 自行车的平均功率都在碳水化合物含漱的干预下有所提高(分别在测试前,以及测试期间每完成 12.5%的时间时进行干预),且相较于饱腹状态,空腹状态下含漱碳水化合物后提高的平均功率更多^[32]。然而从结果上来看,最终平均功率最高的是饱腹状态下进行碳水化合物含漱的一组,而这也可能更符合运动员在训练前或赛前的实际情况,对于训练中或者赛中摄入过多碳水化合物溶液会产生胃肠道反应的运动员来说,进行碳水化合物溶液的含漱同样也能获得较好的效果。

5 总结

含漱碳水化合物对提高运动训练表现,特别是相对较短时间运动项目的研究尚不完整,就国内来说,到目前为止也还没有相关的研究报道,而用于解释其对机体产生的机能增进作用机制也只是猜测阶段。就现在的研究现状,对于短期间歇性运动的影响还存在较大的争议,而且试验前空腹的时间、含漱的时间、运动类型、训练方法以及样本大小的区别等,都可能会导致试验结果的巨大差异性。然而,对于需要减控体重以及对大量摄入碳水化合物后会产生胃肠道反应的运动员来说,含漱的方式可以避免个人体质或项目需要与提高运动成绩之间的矛盾,所以对其更深入的研究是非常有意义的。而今后的研究,在致力于提高运动机能的研究基础上,我们更需要将其机制完整地展现出来。

参考文献:

[1] Miller, G. D. Carbohydrates in ultra-endurance exercise and athletic performance[J]. *Nutrition in Exercise and Sport*, 1994: 15-47.

[2] Ingle L., Cooke C., King R. Effects of high and low concentration carbohydrate solutions on endurance performance consumed prior to and during intense, intermittent exercise[J]. *Medicina Sportiva*, 2011, 15(2): 62-67.

[3] 代天修.赛中补糖对足球运动员运动能力的影响[J].*体育成人教育学报*,2008,24(3):56-58.

[4] Burke L. M., Wood C., Pyne D.B., et al. Effect of carbohydrate intake on half-marathon performance of well-trained runners[J]. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 2005, 15(6): 573-589.

[5] Neuffer P. D., Costill D. L., Flynn M.G., et al. Improvements in exercise performance: effects of carbohydrate feedings and diet[J]. *Journal of Applied Physiology*, 1987, 62(62): 983-988.

[6] Murray R., Eddy D., Murry T. W., et al. The effect of fluid

and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1987, 19(6): 597-604.

[7] Below P. R., Mora-Rodriguez R., Gonzalez-Alonso J., et al. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1h of intense exercise[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1995, 27(2): 200-210.

[8] Carter J. M., Jeukendrup A. E., Mann C. H., et al. The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(9): 1543-1550.

[9] Carter J. M., Jeukendrup A. E., Jones D. A. The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(12): 2107-2111.

[10] Pottier A., Bouckaert J., Gilis W., et al. Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2010,20(1): 105-111.

[11] 宋亚军. 运用营养战略推迟运动性中枢神经系统疲劳的研究进展[J].*中国体育科技*,1999,35(8):14-15.

[12] Chambers E.S., Bridge M.W., Jones D.A. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity [J]. *Journal of Physiology*, 2009,587(8): 1779-1794.

[13] Jeukendrup A., Saris W.H., Brouns F., et al. A new validated endurance performance test[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1996,28(2): 266-70.

[14] Laursen P.B., Francis G.T., Abbiss C.R., et al. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2007, 39(8): 1374-1379.

[15] Schabort E.J., Hopkins W.G., Hawley J.A. Reproducibility of self-paced treadmill performance of trained endurance runners[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 1998,19(1): 48-51.

[16] Rollo I, Cole M, Miller R, Williams C. Influence of mouth rinsing a carbohydrate solution on 1-h running performance[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2010, 42(4): 798-804.

[17] Whitham M., McKinney J. Effect of a carbohydrate mouthwash on running time-trial performance[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2007, 25(2): 1385-1392.

[18] Wright B. F., Davison G. Carbohydrate mouth rinse improves 1.5h run performance: is there a dose-effect?[J]. *International Journal of Exercise Science*, 2013, 6(4): 328-340.

[19] Ian R., Clyde W., Nicholas G., et al. The influence of carbohydrate mouth rinse on self-selected speeds during a 30-min treadmill run[J]. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2008, 18(6): 585-600.

[20] Rollo I, Williams C, Nevill M. Influence of ingesting versus mouth rinsing a carbohydrate solution during 1-h run[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2011, 43(3): 468-75.

[21] Gant N, Stinear CM, Byblow WD. Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output[J]. *Brain Research*, 2010, 1350(2): 151-158.

[22] Painelli V., Roschel H., Gualano B., et al. The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance



- [J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2011, 111(9): 2381-2386.
- [23] Bortolotti, Henrique, Pereira, et al. Carbohydrate mouth rinse does not improve repeated sprint performance[J]. *Revista Brasileira De Cineantropometria E Desempenho Humano*, 2013, 15(6): 639-645.
- [24] Philips S. M., Findlay S., Kavaliuskas M., et al. The influence of serial carbohydrate mouth rinsing on power output during a cycle sprint[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2014, 13(13): 252-258.
- [25] Beaven C.M., Maulder P., Pooley A., et al. Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance [J]. *Physiologie Appliquée Nutrition Et Métabolisme*, 2013, 38(6): 633-637.
- [26] McConell G.K., Canny B.J., Daddo M.C., et al. Effect of carbohydrate ingestion on glucose kinetics and muscle metabolism during intense endurance exercise[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2000, 89(5): 1690-1698.
- [27] Chambers E.S., Bridge M.W., Jones D.A. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity[J]. *Journal of Physiology*, 2009, 587(8): 1779-1794.
- [28] Smeets P. M., De G. C., Stafleu A., et al. Functional MRI of human hypothalamic responses following glucose ingestion [J]. *Neuroimage*, 2005, 24(2): 363-368.
- [29] Small D.M., Zatorre R.J., Dagher A., et al. Changes in brain activity related to eating chocolate: from pleasure to aversion[J]. *Brain*, 2001, 124(9): 1720-1733.
- [30] Beelen M., Berghuis J., Bonaparte B., et al. Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: lack of enhancement of time-trial performance[J]. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*. 2009, 19(4): 400-409.
- [31] Fares E.M., Kayser B. Carbohydrate Mouth Rinse Effects on Exercise Capacity in Pre- and Postprandial State[J]. *Journal of Nutrition & Metabolism*, 2011, 2011(2090-0724):385962.
- [32] Lane S. C., Bird S. R., Burke L. M., et al. Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state[J]. *Applied Physiology Nutrition & Metabolism*, 2013, 38(2): 134-139.

(责任编辑:何聪)

(上接第75页)

- [25] Wilber R. L., Mofflalt R. J., Scott B.E., et al. Influence of water in training on the maintenance of aerobic performance[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1996, 28(8): 1056-1062.
- [26] Bushman B. A., Flynn M. G., Andres F. K., et al. Effect of 4wk of deep water run training on running performance[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1997, 29(5): 694-699.
- [27] Tartagu L.A.P., Coetjens M., Black G.L., et al. Influence of deep water run training supplement on the maintenance of aerobic performance and kinematics of middle-distance runners[A]. ISBS-conference proceeding archive [C]. Cáceres-Extremadura Spain, 2002: 92-95.
- [28] Davidson K., McNaughton L. Deep water running and road running training improve VO₂max in untrained women[J]. *Journal of Sports Medicine*, 2000, 14(2): 191-195.
- [29] Broman G., Quintana M., Lindberg T., et al. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2006, 98(2): 117-123.
- [30] Kaneda K., Sato K., Wakabayashi H., et al. A comparison of the effects of different water exercise programs on balance ability in elderly people[J]. *Journal of aging & physical activity*, 2008, 16(4): 381-392.
- [31] McGhee D. E., Steele J. R., Bruce M. P. Does deep water running reduce exercise-induced breast discomfort[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2007, 41(12): 879-883.
- [32] Jorgic B., Milanovic Z., Aleksandrovic M., et al. Effects of deep water running in older adults. A systematic review[J]. *Healthmed*, 2012, 6(9): 3219-3228.
- [33] Robinson L. E., Devor S. T., Merrick M. A., et al. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity and muscle soreness in women[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2004, 18(1): 84-91.
- [34] Takahashi J., Ishihara K., Aoki J., et al. Effect of aqua exercise on recovery of lower limb muscles after downhill running[J]. *Journal of sports science*, 2006, 24(8): 835-842.
- [35] Theanthong A., Rungthai R., Arkarapanthu A., et al. The effect of six weeks of deep-water training after soccer practice combined with plyometric training on indirect symptoms of muscle damage[J]. *Kasetsart Journal - Natural Science*, 2012, 46: 501-513.
- [36] Assis M. R., Silva L. E., Alves A. M., et al. A randomized controlled trial of deep water running: clinical effectiveness of aquatic exercise to treat fibromyalgia[J]. *Arthritis Care & Research*, 2006, 55(1): 57-65.
- [37] Cuestavargas A. I., Adams N. A pragmatic community-based intervention of multimodal physiotherapy plus deep water running(DWR) for fibromyalgia syndrome: a pilot study[J]. *Clinical Rheumatology*, 2011, 30(11): 1455-1465.
- [38] Wouters E. J. M., Van Nunen A. M. A. Geenen R., et al. Effects of aquajogging in obese adults: a pilot study[J]. *Journal of Obesity*, 2010, 2010: 1-7.
- [39] Greene G. P., Lambert B. S., Greene E. S. Comparative efficacy of water and land treadmill training for overweight or obese adults[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2009, 41(9): 1808-1815.
- [40] Jones L. M., Meredith-Jones K, Legge M. The effect of water-based exercise on glucose and insulin response in overweight women: a pilot study[J]. *Journal of Women Health*, 2009, 18(10): 1653-1659.

(责任编辑:何聪)