

**述评专家简介:** 史小才,1994 年获得美国爱荷华大学(University of Iowa)博士学位。主要研究 领域包括运动医学、运动营养和运动生理生化,如消化道生理、运动和安静时胃的排空、小肠水与 电解质、糖和营养物质的吸收、体液平衡和体温调节等。参与编写了3本研究生用专业教科书(运 动营养学,高级运动生理学-理论和实践,美国运动医学院高级运动生理学),在国内外专业杂志 上发表学术论文二十余篇,并在国内外专业学术会议和论坛上做了无数次学术或主(专)题报告。至今 还经常应邀为美国和国际上6本主要运动医学、生理和营养杂志的审稿人,任中国运动医学杂志副主 编、国际生命科学院北美分院的理事会成员、北美国际生命科学协会食品营养安全理事会理事、美

国运动医学院的院士和美国运动医学院国际关系部理事。此外,也是美国生理学会和美国营养学会的成员。自1995年 以来,先后被华南师大,香港中文大学,上海体育学院,上海交通大学,成都体育学院和广州体科所聘为客座教授 和研究员。2009年10月1日,作为海外留学人员代表荣幸地应邀出席了中华人民共和国60周年盛典和庆祝活动,并 参加了胡锦涛主席和温家宝总理在人民大会堂接见海外高层次留学人员的活动。

评析文章: Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise Fordtran JS and B Saltin. (1967). J Appl Physiol, 23:331-335

# 对 Fordtran 等"长时间剧烈运动中的胃排空与肠吸收"一文的述评

史小才 (美国佳得乐运动科学研究院,美国)

关键词: 肌糖原; 胃排空; 肠吸收

Comments on the Article "Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise" Written by Fordtran and the Others

Key words: muscle glycogen; gastric emptying; intestinal absorption

提要:关于流汗所导致的身体水分以及电解质的流失和运动中肌糖原的耗尽是引起疲劳的关键因素这一观点已被广泛接收, 但是运动营养方面的知识尚未被完全应用于自然科学的研究中,因而运动的强度是否会影响胃排空等一系列问题就显现出来。 为此,Fordtran 和Saltin设计了一个实验:在跑台上,研究对象以71%最大摄氧量运动,分两天进行胃排空和肠道吸收 功能的测试。研究结果显示:运动强度对胃排空和小肠的吸收没有显著影响。此研究探索了:碳水化合物 – 电解质溶液以及 水在被消化时胃肠道的基本功能,提示了运动员在大强度训练中或者在炎热环境下补充汗液的流失以及提供碳水化合物、电 解质溶液作为补给是可行的。但本次研究仅限于71%的最大摄氧量,因此高于或者低于此强度的运动是否会影响胃肠道的功 能需以后的研究进一步证明。

#### 研究背景

这篇文章发表于19世纪60年代,当时运动医学和运动 营养学都处于它的萌芽阶段。在当时,虽然关于流汗导致身 体水分和电解质的流失和运动中肌糖原的耗尽是引起疲劳的 关键因素这一观点已被广泛的接受,但是关于运动营养方面 的信息尚未被广泛地应用到自然科学的研究中。然而,在运 动中,大强度的运动是否会影响到胃肠道的功能呢?更准确 的说,在运动中,运动是否会影响到运动员取代汗液流失以 及消化碳水化合物的能力。

早在19世纪60年代,有文献记载,在运动中可能会负面地影响内脏的功能,这种说法来自于一些关于胃排空的研究,曾发表于1928年和1934年。19世纪60年代中一些少数的研究报道表明,运动会降低血液进入内脏器官的速度,这就暗示着水和一些电解质的吸收被破坏了。由于上述的一些观点,Fordtran和Saltin综合了他们各自的强大的自然科学的

天赋设计了一个研究: 在跑台上直接测试了胃的排空和小肠 的吸收的能力。他们推测: 在运动中,是否有可能来取代汗 液的流失并把葡萄糖维持在一个足够供给的水平上,运动员 的成绩可能会提高? 他们同时也注意到了,一些奥运会级别 的越野滑雪赛的运动员相信在比赛中葡萄糖溶液的饮料是提 高成绩的一个关键因素。为了说明一些观点的冲突性, Fordtran 和 Saltin 设计了一个实验,要求研究对象以71% 的最 大摄氧量跑步,分两天进行胃排空和肠道吸收功能的测试。

## 研究的优缺点

# 研究的优点

这是第一个关于运动强度对胃排空和小肠吸收率影响的 调查研究。这个实验的设计使得实验的结果相当清晰:运动 的强度对人类胃排空和小肠的吸收没有显著的影响。这个结 果给研究者们提供了一个重要的研究依据,提示了胃排空和 小肠的吸收实验可以在休息的时候进行,因为运动至71%的 最大摄氧量时对这两者是没有影响的。这项研究也是首次研 究了胃的排空能力和小肠对于吸收液体、电解质以及在空肠 和回肠中被动转运一些酶的能力。这项研究的设计是极好 的,并且技术的应用是适合研究的目的的。这些关于胃排 空和小肠吸收能力的信息给了我们一个大体的关于在运动 中,碳水化合物、电解质溶液以及水被消化时的胃肠道的 功能的概念。

测试饮料是一种碳水化合物和电解质的混和饮料(13.3% 的葡萄糖和0.3%的盐溶液)和自来水。结果清楚显示混和葡 萄糖溶液时胃排空能力下降,但是对运动没有影响。运动对 于水和电解质的吸收也没有影响。运动对空肠和回肠葡萄糖 的吸收是没有影响的,同样对于水、钾、钠、氯化物和重碳 酸盐的吸收也没有影响。这些结果就提示了:运动员在大强 度的训练中或者在炎热环境中取代汗液流失和提供碳水化合 物和电解质是可能达到的。这项实验不仅为将来这方面的研 究提供了一个很好的舞台,同时对于运动饮料的有效性也建 立的一套科学的理论。

# 研究的缺陷

这项实验的一个主要的缺陷在于在测试胃排空的部分, 在实验的最后阶段仅仅包括了测试中的一点。这个方法应该 在实验的最后阶段提供比较排空率的机会,但是它没有提供 此方面的信息。因此,研究结果不能提供在实验最后阶段 液体从胃部到小肠的整个一个排空的过程。由于当时技术等 方面的限制,胃排空和小肠吸收能力的实验必须是各自进行 的,因此增加了实验的时间,也不能在同时测试出胃排空 和小肠吸收能力。

#### 需要提高的地方

如果能同时测试出胃排空和小肠的吸收能力是最理想的。同时进行可以使得数据更加有实用性并且能更加接近运动时的真实情况。Fordtran和Saltin在本项探究中应用了准确的方法,但是没有考虑到合并此两项技术使得提高实验的有效性和应用性。在25年之后,老挝大学的一组科学家广泛地应用了这些技术并采用了"饮用"替代了"灌注"的方法,成功地同时测试了胃排空和小肠的吸收功能。在这项研究中,研究者们采用了一条鼻饲管子3倍的流量来完成。这项研究创新地合并了胃肠道功能的研究技术,采用胃排空率作为灌注率,这就使得吸收容易计算。

Fordtran 和Saltin的研究证明了运动对于胃排空和小肠吸收的影响。但是这些影响仅仅决定于71%的最大摄氧量上。没有证据显示运动强度低于或者高于71%的最大摄氧量是否会影响胃肠道的功能。因此,一项各种不同强度的运动的实验将会准确的解释这些疑问。

# 参考文献:

 Saltin, B. (1964). Aerobic work capacity and circulation at exercise in man. With special reference to the effect of prolonged exercise and or heat exposure. Anonymous. Anonymous. Acta Physiological Scandanavia, 62, Suppl:230.

- [2] Saltin, B.and Hermansen, L. (1967). Glycogen stores and prolonged severe exercise. Anonymous. Anonymous. Nutrition and Physical Activity IV.
- [3] Campbell, J. M. H., Mitchell, G. O. and Powell, A. T. W. (1928). The influence of exercise on digestion. *Guy's Hosp*.Rep. 78, 279-293.
- [4] Hellebrandt, F. A. and Tepper, R. H. (1934).Studies on the influence of exercise on the digestive work of the stomach. II. Its effect on emptying time. Anonymous. Anonymous. American Journal of Physiology, 107, 355-363.
- [5] Lambert, G. P., Chang, R.T., Joensen, D.J., Shi, X., Schedl, H.P., Summers, R. W. and Gisolfi, C. V. (1996). Simultaneous determination of gastric emptying and intestinal absorption during cycle exercise in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 48-55.

# 相关文献推荐:

- Costill, D. L. and Saltin, B. (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 37,679-683.
- [2] Costill, D. L. (1990). Gastric emptying of fluids during exercise. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Fluid Homeostasis During Exercise, edited by C.V.Gisolfi and D.R. Lamb, Indianapolis:Benchmark Press, 97-127.
- [3] Gisolfi, C. V., Summers, R. W., Schedl, H. P., Bleiler, T. L., and Oppliger, R. A.(1990). Human intestinal water absorption: Direct vs indirect measurements. *American Journal of Physiology*, 258, G216-G222.
- [4] Gisolfi, C. V., Summers, R. W., Schedl, H. P. (1990). Intestinal absorption of fluids during rest and exercise. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Fluid Homeostasis During Exercise, edited by C.V.Gisolfi and D.R.Lamb, Indianapolis: Benchmark Press, 129-180.
- [5] Gisolfi, C. V., Spranger, K. J., Summers R. W., Schedl, H. P. and Bleiler, T. L.(1991). Cycle exercise and absorption of water and a carbohydrate- electrolyte solution in man. *Journal of Applied Physiology*, 71(6): 2518-2527
- [6] Gisolfi, C. V., Summers R. W., Schedl, H. P. and Bleiler, T. L. (1992) .Intestinal water absorption from select carbohydrate solutions in humans. *Journal of Applied Physiology*, 73, 2142-2150.
- [7] Lambert, G. P., Chang, R.T., Joensen, D.J., Shi, X., Schedl, H. P., Summers, R.W., and Gisolfi, C. V. (1996). Simultaneous determination of gastric emptying and intestinal absorption during cycle exercise in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 48-55.
- [8] Maughan, R. J. and Leiper, J. B. (1999). Limitations to fluid replacement during exercise. Anonymous. Anonymous. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24, 173-187.
- [9] Maughan, R. J., Leiper, J. B. and McGaw, B.A. (1990). Effects (下转第70页)

速度、灵敏性的训练,提高防守意识,加强队友间的默契 配合,提高协同防守能力,减少犯规次数,提高守门员技 术水平和积累比赛经验。

### 参考文献:

- 中国手球协会官方网站http://www.myhandball.com/ livescore.asp
- [2] 倪震. 广州亚运会中国女子手球队进攻能力分析[J]. 体育学刊, 2012, 19 (3): 110-113.
- [3] 常青. 十运会女子手球前四名队攻防技术比较研究[J]. 北京体 育大学学报, 2007, 30(6): 861-862.
- [4] 高斌,何丽娟.中、外女子手球技术对比研究[J].中国体育科技,2004,40(4):70-73.

- [5] 高斌,何丽娟.世界女子手球运动技战术发展动态初步研究[J].首都体育学院学报,2004,16(4):15-17.
- [6] 张冰雨. 女子手球常规技术指标与比赛名次的相关分析[J]. 北 京体育大学学报, 2004, 27 (6): 859-860.
- [7] 王珽珽,杜少武,樊谦.对世界优秀手球队制胜规律的研究 一兼探讨我国男子、女子手球队的优、劣势[J].中国体育 科技,2010,46(5):38-46.
- [8] 王珽珽, 杜少武. 第29 届奥运会女子手球队竟技表现特征分析[J]. 西安体育学院学报, 2011, 28 (1): 118-124.
- [9] 王清明. 第28 届奥运会中、丹、韩女子手球队攻防技术比较研究[J]. 首都体育学院学报, 2007, 19(2): 85-87.
- [10] 丁轶建. 2007 世锦赛和 2008 奥运会女子手球技战术统计分析 [J]. 福建体育科技, 2011, 30 (1): 17-19.

(责任编辑: 何聪)

(上接第46页)

of exercise intensity on absorption of ingested fluids in man. *Experimental Physiology*, 75, 419-421.

- [10] Schedl, H. P., Maughan, R.J. and Gisolfi, C.V. (1994). Intestinal absorption during rest and exercise: implications for formulating an oral rehydration solution (ORS). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26, 267-280.
- [11] Shi,X., Summers,R. W., Schedl,H. P., and Gisolfi, C. V.(1994). Effects of solution osmolality on absorption of select fluid replacement solutions in human duodenojejunum. *Journal of Applied Physiology*. 77,1178-1184.
- [12] Shi, X., Flanagan, S., Summers, R. W., Schedl, H. P., Chang, R. T., and Gisolfi, C. V. (1995). Effects of carbohydrate type and concentration and solution osmolality on water absorption. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27, 1607-1615.
- [13] Shi, X., Schedl, H. P., Summers R. W., Lambert, G. P., Chang, R. T., Xia,T. and Gisolfi, C. V. (1997). Fructose transport mechanisms in humans. *Gastroenterology*, 113, 1171-1179. 1998.

(责任编辑: 何聪)