

间歇运动的历史发展与能量供应特征

温志彬

福建师范大学，福建省福州市，350108；

摘要：间歇运动作为一种高强度的运动形式，在运动期间依赖有氧与无氧系统供能。通过调整间歇运动的强度、时间、恢复期的间歇时间等要素，可以有效提高运动员的有氧和无氧能力并发生相对应的适应性变化，从而提高运动员的竞技表现。本文基于检索国内外与间歇运动中能量供应特征的相关文献，从间歇训练的历史发展、分类和能量供应关系对不同间歇运动中能量供应特征进行综述。

关键词：体育教育训练学；间歇运动；能量供应；有氧能力；无氧能力

DOI：10.69979/3041-0673.25.11.084

前言

将单次长时间运动分为多回合短时间运动，同时维持较高运动强度；在相邻的运动回合之间形成恢复期，在恢复期间休息、或者进行较低运动强度的运动，形成了一种相对灵活具有较好运动效果的一种运动形式，称为间歇运动（Intermittent Exercise）或者间歇训练（Interval Training）。间歇运动作为一种高强度的运动形式，在其运动期间依赖有氧与无氧系统供能。通过调整间歇运动的运动强度、运动时间、恢复期的间歇时间等要素，可以有效提高运动员的有氧和无氧能力以及发生相对应的适应性变化，从而提高运动员的竞技表现。同时，间歇运动也逐渐成为大众进行身体锻炼的首要选择。

大众通过间歇运动健身提高身体素质、运动员通过适应性间歇运动提高竞技表现，这一趋势提醒我们，需要对不同间歇运动中的能量供应特征进行更加全面的计算分析，以帮助我们正确把握间歇运动提高能量供应系统供能的规律，制定更加符合大众或者运动员的间歇运动形式。本文主要基于对国内外间歇运动中能量供应特征的检索和综述，回顾间歇运动的历史与研究进展，试图呈现间歇运动中能量供应的相关规律，为大众和运动员选择具有较高运动效果及适应性的间歇运动提供依据。

1 间歇运动的历史发展

1.1 间歇运动的历史

间歇运动相关的研究最早可以追溯到 1910 年，当时人们已经在测量运动中的摄氧量，但是并没有对运动

员的训练进行改进。10000m 芬兰奥运会冠军 Hannes Kolehmainen 于 1912 年就已经使用了特定配速的 10km 间歇训练。在后来的 20 年期间，Hill 提出了最大摄氧量和氧亏两个概念。与此同时，教练员 Lauri Pihkala 与芬兰长跑运动员 Paavo Nurmi 引入了强度高于特定速度的短时间间歇训练。在同一时期，瑞典教练 Gösta Holmér 发明了 Fartlek 训练法。从那时到 20 世纪 40 年代初，这种使用各种不同地形进行调整的训练方法，被人们称为自然间歇训练（nature interval training）。随后，捷克斯洛伐克著名跑者 Emil Zátopek 公布了一种新的训练方法，高强度间歇训练（High-intensity Interval Training, HIIT）就此成为了一种更为普遍的间歇运动。

是由 Reindell 和 Roskamm 等人在科学期刊上描述间歇运动或者间歇训练，他们受到长跑教练 Woldemar Gerschler 的启发，共同创造了 Fribourg 间歇训练法。从此，不同形式的 HIIT 在各种指导会议上被提出来，越来越多的生理学家开始研究间歇训练对生理学参数的影响。

二战后，间歇训练成为欧洲跑步者普遍使用的训练方法。HIIT 在 20 世纪 60 年代期间迅速发展，运动员陆续开始使用间歇训练，与 HIIT 有关思考和反馈传播开来，教练员和运动员会针对性地准备 HIIT 计划用以解决相关的难题。在 20 世纪 60 年代和 70 年代的文献中，首次出现了对男子间歇跑中能量来源的研究；Howald 等人^[1]对运动中肌肉的能量储存与底物利用进行了研究。Astrand 等人 1970 年所著的《Textbook of Physiology》中最早提及了不同运动的有氧供能比例。随着人们对能量供应过程认识的不断深入以及相关检测技

术的完善，不同运动能量供应特征的相关研究迅速增加。

在 20 世纪 90 年代期间，Tim Noakes 的名著《跑步的知识》和 Jack Daniels 的《杰克·丹尼尔斯公式》著作的出版，HIIT 真正意义上进入大众的视野。随后的几十年，HIIT 风靡全球。自 2000 年以来，关于间歇训练的研究领域得到了快速发展。然而，2000 年以后的多数教材仍然在使用 30 年前的有氧供能比例的数据，但是人们对不同运动供能比例的认识在这 30 年间发生了巨大变化。Powers 和 Howley 在 2007 年根据 70 年代学者的研究数据给出了不同运动项目的供能比例。随后 Bompa 和 Haff 所著的 2009 版《周期训练——理论和方法》也引用了这些比例。但是，这些能量供应比例仍存在错误，此后，对于不同运动能量供应的相关计算以及不同项目的供能比例的研究迅速增长。

1.2 高强度间歇训练方法的划分

根据间歇期间的恢复特征可以将间歇运动划分为两类，间歇休息不充分的间歇训练 (interval training)；间歇休息充分的重复训练(repetition training)。根据练习强度进一步划分为次大强度间歇训练和冲刺式间歇训练，次大强度间歇训练的强度从无氧阈强度逐渐提升到全力强度。根据组织形式划分，间歇训练可以同时发展运动员的有氧和无氧能力，而重复训练只能发展运动员的无氧能力。

2 间歇运动的能量供应特征

2.1 人体运动的能量供能

人体运动时可以根据是否有氧气的参与将能量供应分为无氧和有氧供能系统，其中无氧供能系统又分为磷酸原系统和糖酵解系统。三大供能系统中磷酸原系统供的 ATP 合成效率最高，但 ATP 供应总量最低；有氧供能系统供能的 ATP 供应总量最高，但 ATP 合成效率最低；糖酵解系统供能的 ATP 合成效率低于磷酸原系统但高于有氧供能系统，而 ATP 供应总量低于有氧供能系统但高于磷酸原系统。无氧供能系统供能在高强度短时间运动中占主导，有氧供能系统供能则在低强度长时间运动中占主导^[2]。

间歇运动包括重复短到长回合较高强度的运动并夹杂着恢复期。在间歇运动中，通过调整间歇运动的运动强度、运动时间、恢复期的间歇时间等要素以提高不同供能系统的供能能力。间歇运动的运动强度增大、运

动时间缩短、恢复期的间歇时间延长可提高磷酸原系统的供能能力；而运动强度减小、运动时间延长、恢复期的间歇时间缩短可提高有氧系统的供能能力。^[3]由此可见，间歇运动中提高磷酸原系统供能能力的条件正好与有氧系统所需的条件相反，因此可以采用增大运动强度、缩短运动时间以及恢复期的间歇时间的方法，来同时提升磷酸原系统与有氧供能系统的供能能力。

2.2 高强度间歇运动的能量供应

陈钢锐^[4]、孙杨^[5]、韩娟等人^[6]分别进行了高强度间歇运动与中等强度持续运动 (moderate intensity continuous training, MICT) 相关的能量代谢研究，研究发现：HIIT 后存在时间明显长于 MICT 的过量耗氧现象；HIIT 具有高强度、短时间的特点，部分能耗来自运动后过量耗氧。急性 HIIT 和 MICT 均可改善运动中以及恢复期间总脂肪及糖类的代谢。随着运动强度不断增加，脂肪的氧化量和氧化供能比例逐渐降低，糖的氧化量和氧化供能比、总的能源消耗逐渐升高，运动后恢复过程则出现相反的现象。目前，从国内研究倾向于运用间歇训练对不同专项运动或者人群的适应性影响。

对计算得出不同运动中能量贡献的相关数据进行分析，能够了解不同专项运动能力的能力供应特征。Almquist 等人对优秀自行车运动员重复 30S 冲刺过程中能量贡献进行研究，发现在优秀自行车运动员的长时间自行车比赛中，重复冲刺能力和与之相应的能量贡献保持不变；且可以在训练中加入少量冲刺训练来改善运动员的无氧能力，随之提高运动员的冲刺能力。^[7]

在间歇运动期间的能量供应是由有氧供能系统为主导的。Protzen 等人发现运动中有氧供能系统主导供能，且在较低强度运动中具有更高的能量贡献。^[8]此外，不同运动项目中基本属于有氧代谢占主导，同时无氧代谢供能上有些许差异。

3 总结

在间歇运动中，通过调整不同要素以提高不同供能系统的供能能力，以此达到提升运动员专项能力或者改善不同人群的能量系统供能能力。目前，与之相关的研究较多，但是仍然可以从改进间歇运动的形式出发，进行能量供应特征的相关计算，以优化间歇训练产生的效果。关于间歇运动中能量供应特征的相关研究，主要集中在 HIIT 领域，而其他类型的间歇运动研究相对较少，

研究不同类型间歇运动的能量供应特征成为可能。

国内针对间歇运动能量供应特征相关的研究较少，仍有很大的发展空间。但是国内的研究大多集中于间歇训练法对于不同运动项目的训练效果，侧重于理论性的研究，同时研究基本不涉及能量供应的相关计算，很难做到量化训练效果。因此，我国与间歇运动中能量供应特征的相关研究，应更加注重进行实验性研究。

参考文献

- [1] HOWALD H, VON GLUTZ G, R. B. Energy stores and substrate utilization in muscle during exercise[J]. The Third International Symposium on Biochemistry of Exercise; Miami (FL) Miami (FL): Miami Symposia Specialists, 1978: 75–86.
- [2] 陈胜强. 关于间歇运动能量供给[J]. 山东体育科技, 2003, (03): 34–5+53.
- [3] 田宝山, 申国卿, 何旭初. 间歇训练与能量代谢[J]. 辽宁体育科技, 2003, (05): 46.
- [4] 陈钢锐, 戴剑松. 高强度间歇运动与中等强度持续运动能量代谢对比研究[J]. 湖北体育科技, 2022, 41(04): 331–6.
- [5] 孙杨, 张漓. 急性高强度间歇运动和中等强度持续运动的能量消耗及底物代谢特征对比研究[J]. 中国运动医学杂志, 2021, 40(02): 83–91.
- [6] 韩娟, 董晓虹, 陈宇婷. 对持续运动和间歇运动底物代谢与能量消耗的研究[J]. 浙江体育科学, 2015, 37(05): 116–20.
- [7] ALMQUIST N W, SANDBAKK O, RONNESTAD B R, et al. The Aerobic and Anaerobic Contribution During Repeated 30-s Sprints in Elite Cyclists [J]. Frontiers in physiology, 2021, 12.
- [8] PROTZEN G, VBARTEL C, COSWIG V S, et al. Physiological aspects and energetic contribution in 20s:10s high-intensity interval exercise at different intensities[J]. PeerJ, 2020, 8.

作者简介：温志彬（2000年），男，汉，福建龙岩人，硕士研究生，福建师范大学，研究方向：网球。