

YOUXIUYUNDONGYUAN
XUNLIANZHONGDE
SHENGLISHENGHUA
JIANKONGSHIYONGZHINAN

中国体育教练员参考教材

优秀运动员 训练中的生理生化监控实用指南

国家体育总局科教司组织编写
冯连世 张漓 编著

人民体育出版社



中国体育教练员参考教材

优秀运动员训练中的生理 生化监控实用指南

国家体育总局科教司组织编写

冯连世 张漓 编著

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

优秀运动员训练中的生理生化监控实用指南/冯连世, 张漓编著.

-北京: 人民体育出版社, 2007

中国体育教练员参考教材

ISBN 978-7-5009-3144-7

I. 优… II. ①冯… ②张… III. 优秀运动员-运动训练-生理生化特性-控制方法 IV. G808.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 031842 号

*

人民体育出版社出版发行
北京华联印刷有限公司印刷
新华书店经销

*

787 × 1092 16 开本 7 印张 123 千字
2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷
印数: 1—1,500 册

*

ISBN 978-7-5009-3144-7

定价: 14.00 元

社址: 北京市崇文区体育馆路 8 号(天坛公园东门)

电话: 67151482(发行部) 邮编: 100061

传真: 67151483 邮购: 67143708

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与发行部联系)

前 言

“运动训练的生理生化监控”是众多训练监控研究领域中的一个重要的分支，其研究内容主要是通过采用生理生化研究方法和手段，对运动员在运动训练过程中能量代谢、物质代谢过程以及生理功能的变化进行监控，分析运动员的身体机能是否出现了符合科学规律的良性改变，从而对训练计划中负荷强度和负荷量的安排、训练手段与方法等的合理性进行评估，最终目的是为提高科学化训练水平提供参考。

由于生理生化指标具有测试标准化程度高、结果客观准确的特点，能够排除主观因素的干扰，客观地反映运动员的机能状况、体能水平与训练水平变化，因此，生理生化监控在运动训练实践中的应用受到了教练员们的普遍欢迎。我国的运动生理生化学者们经过多年的基础研究和应用研究，积累了丰富的理论与实践经验。1987年国家体委科教司组织编写并出版了反映当时研究水平的《优秀运动员机能评定手册》；2001年在科教司领导下，国家体育总局体育科学研究所冯连世研究员等人初步研究建立了《优秀运动员身体机能的生理生化指标的检测与评定系统》，进而在2002年和2003年分别编写并出版了《运动员身体机能评定常用生理生化指标测试方法与应用》和《优秀运动员身体机能评定方法》两部专著，为生理生化训练监控指标体系的建立以及测试方法的标准化奠定了基础；2006年出版的《运动训练的生理生化监控方法》系统论述了运动训练的生理生化监控含义和内容、运动训练的生理生化监控原理、运动训练（负荷强度、负荷量、训练方法）的生理生化监控常用指标及方法、一堂训练课和一个训练周期的生理生化监控的方法及原则，以及实施训练监控的注意事项等。同时，结合专项特点，分别研究了中长跑、马拉松、竞走、游泳、举重、赛艇、摔跤、自行车、足球、曲棍球等项目训练的生理生化监控内容和指标体系、专项训练负荷（强度和量）的监控方法、训练方法的科学性或有效性的监控方法、阶段性训练效果和恢复性训练

效果的监控方法等，并提出了专项训练监控中存在的问题与建议。为了将上述研究成果更好地运用于训练，国家体育总局科教司组织编写了本书，主要目的是将生理生化训练监控方法更进一步地实用化，用大量实例去描述生理生化训练监控方法，便于教练员理解，可以在训练实践中直接应用，或结合专项特点举一反三，掌握开展训练监控的思路，使之更好地为运动训练服务。

本书采用了问答的形式编写，以便为运动训练第一线的教练员应用。内容分成训练监控“基础知识篇”“实战篇”和“原则篇”三部分，教练员能够在“实战篇”中找到大部分训练监控的实用知识，完成训练监控指标的选择、使用和评价，但如果读者想要更进一步了解选择这些指标的依据，并进一步“举一反三”，灵活运用这些指标，就有必要深入了解一些“基础知识”和训练监控“原则”。然而本书毕竟是一本“为读者实际操作提供参考”为主要目的的“指南”，不可能花很多的篇幅介绍基本知识，因此，如果“基础知识篇”中的内容还不能够满足读者的学习要求，请参考上述几本著作中有关的基础理论知识介绍。

为了能够及早为我国运动员备战 2008 奥运会提供帮助，我们在较短的时间内完成了本专著的编写工作，虽经努力，但限于作者知识水平和经验的不足，难免会有缺点和错误，读者在使用中如果发现错漏之处，敬请赐教并提出宝贵意见，以期再版时修订。

本书的一些素材来自很多国内外运动生理生化学者的研究成果，在本书的写作和出版过程中也得到了国家体育总局科教司领导及同行专家的关心和指导，在此一并表示感谢。

编者

2007年2月14日

目 录

训练监控基础知识篇	(1)
1. 运动训练的生理生化监控的含义和内容是什么?	(3)
2. 在训练中进行生理生化监控有什么作用?	(3)
3. 运动训练的生理生化监控基本原理和理论是什么?	(5)
4. 目前对无氧训练的代谢特点有哪些新的认识?	(6)
5. 参与有氧代谢的物质及其代谢特点是什么?	(8)
6. 训练监控的常用生理生化指标有哪些?	(11)
7. 用“心率”指标进行训练监控时需要注意哪些基本问题?	(15)
8. 利用“血红蛋白”和“红细胞系”指标开展训练监控时 应注意哪些基本问题?	(17)
9. 用血清“睾酮”和“皮质醇”进行训练监控时 应注意哪些基本问题?	(18)
10. 利用“血清肌酸激酶”进行训练监控时应注意哪些基本问题? ..	(21)
11. 训练监控中测定“血乳酸”的要点是什么?	(23)
12. 在训练监控中应用“血尿素”指标应注意哪些问题?	(25)
13. 在训练监控中如何应用“尿蛋白”等尿液生化指标?	(26)
14. 在训练监控中对“最大摄氧量”有哪些新的认识?	(29)
15. 在训练监控中如何应用“无氧阈”指标?	(32)
16. 在训练监控中测定“无氧功”需要注意哪些问题?	(36)
训练监控实战篇	(37)
17. 训练负荷强度的监控指标有哪些?	(39)
18. 如何用“最大心率”和“心率储备”指标监控训练负荷强度? ..	(40)
19. 如何联合应用“心率”和“血乳酸”来监控训练强度?	(44)

20. 如何用“血清肌酸激酶”“尿蛋白”和“血红蛋白”来监控训练强度?	(53)
21. 训练负荷量的监控指标有哪些?	(54)
22. 如何应用“血尿素”监控训练负荷量?	(55)
23. 如何应用“血红蛋白”指标来监控训练负荷量?	(57)
24. 如何应用“血清睾酮”指标监控训练负荷量?	(59)
25. 如何用训练监控手段来评估训练方法的合理性?	(60)
26. 监控一个阶段(周期)训练后运动员的身体机能状态有哪些常用指标?	(65)
27. 如何选择身体机能状态监控指标? 怎样制定测试方案?	(68)
28. 如何应用“心率”和“血压”监控机能状态?	(71)
29. 如何应用“血乳酸”监控运动员的身体机能状态?	(74)
30. 如何应用“无氧功”和“最大摄氧量”评价机能状态的变化? ...	(80)
31. 如何通过身体机能状态监控防止“过度疲劳”?	(84)
32. 如何开展赛前运动员身体机能的监控?	(85)
33. 如何进行恢复性训练方法的监控?	(86)
34. 如何进行两组训练之间间歇时间的监控?	(88)
35. 如何进行各种恢复手段恢复效果的监控?	(90)
36. 如何进行高原训练的监控?	(90)
37. 比赛监控的方法及原则是什么?	(93)
训练监控原则篇	(97)
38. 一堂训练课的生理生化监控原则是什么?	(99)
39. 一个训练周期的生理生化监控原则是什么?	(103)
40. 实施训练监控的基本原则是什么?	(105)

训练监控基础知识篇



1. 运动训练的生理生化监控的含义和内容是什么?

“运动训练的生理生化监控”是近年来才逐渐被人们应用的一个概念，并成为引起重视的一个研究领域。迄今为止，在国内的文献和专著中还没有见到对“运动训练的生理生化监控”这一概念的探讨。从研究内容来看，运动训练的生理生化监控是训练监控的一个主要组成部分，它通过利用生理生化的技术和方法，测定运动训练过程中运动员体内的一些生理生化指标，以评价运动员训练时的负荷强度和负荷量、训练方法和手段的效果与合理性，以及机体对运动训练产生的适应信息、恢复效果等，从而帮助教练员了解训练效果，正确评价训练方法，进而调整训练方案。运动训练的生理生化监控涵盖了运动训练前、中、后的过程及动态的和静态的全方位的监控，包含的研究内容见图 1。

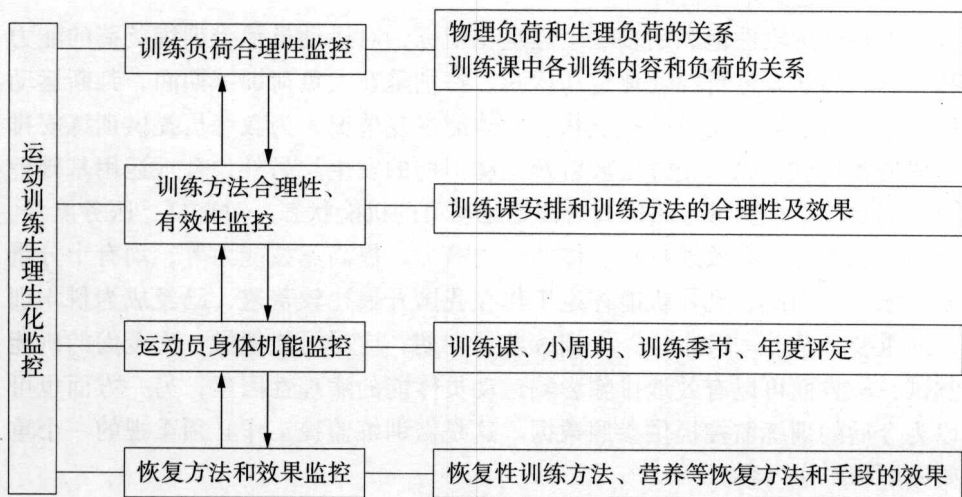


图 1 运动训练的生理生化监控基本内容及其关系

(引自：冯连世等，2006)

2. 在训练中进行生理生化监控有什么作用?

运动训练的生理生化监控对运动训练的研究及作用，主要体现在以下几个方面。

(1) 评价训练负荷的大小及合理性

通过测定某些针对性很强的生理生化指标来反映训练负荷强度(如心率、血乳酸、血清肌酸激酶等)、训练负荷量(如血尿素等)的大小,并通过相关的训练学和生理生化指标来评定训练效果。

(2) 评价专项训练方法和手段的合理性与有效性

通过在训练中监测血乳酸、心率、血清肌酸激酶等指标的变化是否符合专项训练的目的与要求,评价专项训练方法的合理性和有效性,其主要意义在于:评价专项训练方法的针对性,了解其是否能够达到提高专项能力的目的,能够达到什么水平和标准,并提出改进建议等。

(3) 评价辅助性训练方法和手段的合理性

包括准备活动、训练间歇时间、恢复性训练方法、放松方法和赛前训练等的合理性的评估,甚至还包括对减体重训练、增体重训练等非提高专项能力为目的的训练方法和手段的评估。

(4) 评定身体机能状态

主要是阶段性地利用多项生理生化指标,对运动员承受训练负荷的能力和训练后的状态进行综合评定和诊断,特别是在大负荷训练期间,判断运动疲劳,及时了解运动员的机能状态及体能恢复情况,为教练员提供训练安排的依据和建议,以防止过度疲劳及运动损伤的发生。另外,合理运用基础理论、实验技术和测量方法检查与评定运动员的机能状态,对选材、医务监督、控制训练负荷、有效地挖掘人体的运动潜力、提高竞技能力等,均有十分重要的意义。因此,现在机能评定工作在我国开展比较普遍,已经成为科学训练的重要环节。一般来说,在训练监控初期,应尽可能地做一次全面的机能测试,一方面可以有效地排除影响运动员体能的病理性因素;另一方面也可以为今后的训练监控提供参照数据。这是做训练监控工作必须重视的一个重要原则和工作内容。

(5) 评估恢复过程、恢复方法和手段的效果

在科学的训练安排中,恢复应贯穿于整个训练过程,没有恢复的训练是危险的训练。优秀运动员的恢复手段和方法,主要包括合理的训练安排(充分的准备活动、合理的训练交叉和间歇、合理的恢复性训练)、合理的膳食及营养补充、合理的使用运动营养品、有效的物理性恢复手段和中医药恢复方法、适宜的心理恢复措施等。这些方法的合理性和有效性可以通过运动员身体中某些生理生化指标的变化来反映,并据此对这些方法和手段进行改进。

另外,运动员受伤后体内的某些生理生化指标也会出现变化。例如,肌肉

拉伤可以引起血清肌酸激酶大幅度升高，因此，通过该指标的变化情况可以反映肌肉损伤的恢复情况，起到监测伤病恢复过程的作用。

(6) 为探讨创新性训练方法提供帮助

生理生化的训练监控，不仅能为提高一般或专项能力的创新性训练方法提供评价手段，并且其基础理论与应用研究也是训练方法创新和改进的主要理论依据。

多年来，我国体育科技工作者已对运动营养、物理性恢复手段和中医药恢复方法、心理恢复措施等，开展了大量的研究和论述，并积累了大量的科研成果。因此，本书不再对运动员营养状况监控和医务监督方面的内容再做专门论述，而主要是紧紧围绕运动训练过程本身，以运动训练为研究对象来探讨生理生化的训练监控方法和经验。

总之，运动训练的生理生化监控的主要意义就在于：以运动时人体发生的生理生化变化规律来指导训练，通过选择合理的训练手段和运动负荷，并进行合理的组合与调配，使训练能够达到专项要求，真正实现科学化训练。

3. 运动训练的生理生化监控基本原理和理论是什么？

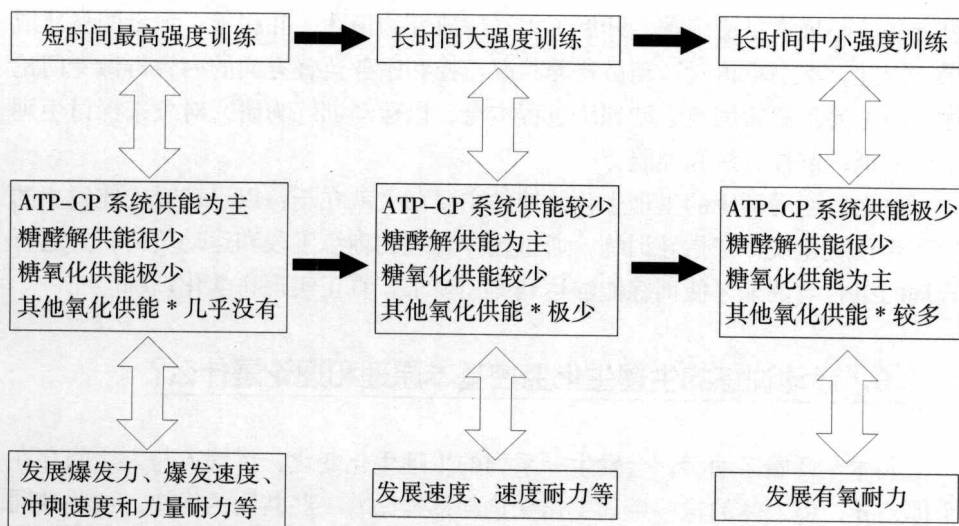
人体在开始运动后，会发生一系列的生理生化变化，尽管人与人之间存在个体差异，但人体的这些生理生化变化却都遵循着一些共同的规律，这些共同的规律就是我们用以实施训练监控工作所依据的基本原理和理论。

运动对于人体来说是一种应激活动，人体需要调动神经、内分泌、循环等系统和运动器官来完成这种应激活动。其中被人们研究最多的就是能量代谢过程的调节和变化，这也是我们进行生理生化监控所依据的主要理论。

运动时人体能量产生的过程包括无氧代谢（磷酸原供能系统、糖酵解供能系统）与有氧代谢（有氧氧化供能系统）两种供能方式。实际上，在任何运动中这两种供能方式均同时发生并参与运动中供能，只不过依据训练负荷（包括运动强度和运动时间）的不同两种供能方式占的比重不同，只有主次之分而没有绝对界限。要用生理生化的方法与手段监控运动训练过程，首先必须了解训练过程中不同训练负荷时人体的生理生化代谢特点，及其相应发展的身体运动素质。

无氧代谢供能的特点是供能效率较高，但持续的时间较短；有氧代谢供能的特点是供能效率较低，但持续的时间较长。因此，在需要大功率能量输出的快速运动和力量运动中，无氧代谢是主要的供能系统，而在输出功率不大但持续时间很长的耐力运动中，有氧代谢则成为了主要的供能系统。

人体运动时，不同训练负荷能量动员的顺序、生理生化代谢特点及对应发展的身体运动素质，可以用图 2 进行简单描述。注意，图中各系统供能的多或少指的是各供能系统参与供能的比例，而不是绝对值。例如，在长时间耐力运动中 ATP-CP 系统（磷酸原供能系统）供能的绝对量肯定大于短时间最高强度运动中 ATP-CP 供能的绝对值，只是在耐力运动中 ATP-CP 系统供能的绝对值占所有能量消耗总量的比例极小。



* 注：其他氧化供能包括脂肪氧化供能和蛋白质氧化供能

图 2 不同训练负荷人体内能量动员的顺序、生理生化代谢特点及对应发展的身体运动素质的关系

（引自：冯连世等，2006）

4. 目前对无氧训练的代谢特点有哪些新的认识？

无氧训练中主要参与供能的是无氧代谢供能系统，它由两部分组成，即 ATP-CP 供能和糖无氧酵解供能。ATP-CP 是无氧功率的物质基础，冲刺、短跑、投掷、跳跃等短时间（6~8 秒）最大功率运动的运动能力，均取决于 ATP-CP 系统的供能能力。30~90 秒内的速度耐力则取决于糖酵解供能能力，甚至有文献提出，在 30 秒~15 分钟内的运动都不同程度地依靠糖酵解供能。

(1) 发展 ATP-CP 系统供能能力的训练特点

过去认为,发展 ATP-CP 系统供能能力应该多采用 10 秒以内的最大强度训练,该训练没有糖代谢供能参与,基本不产生乳酸,但现在的研究认为不一定如此。例如,100 米跑为典型的 10 秒左右的最大强度运动。在最初的 2~3 秒内,CP(磷酸肌酸)是 ATP(三磷酸腺苷)再合成的最主要能量来源,但糖酵解从一开始起跑就被激活,到 5 秒后几乎提供了使 ATP 再合成的绝大部分能量,表现为不同训练水平的运动员大都在起跑后 5~6 秒达到最大速度,且仅把这一最高跑速保持 20 米左右的距离,随后则不可避免地明显减速。究其原因,主要是由于 CP 供能只能维持 5~7 秒,此后 3~5 秒内乳酸迅速堆积,可达 10mmol/L,ATP 再合成不能恢复到原来水平,致使肌肉活动能力下降。所以,如果主要发展 ATP 快速分解和 CP 无氧再合成的能力,只有进行肌肉最高强度工作,持续运动时间不超过 6~8 秒,最适宜距离为 30~60 米,最长不超过 80 米,间歇 30~40 秒,训练效果才比较好。

(2) 无氧项目运动员也应该有良好的有氧基础

如前所述,无氧与有氧能力不可兼得,那么无氧项目运动员是否只需要发展无氧能力了呢?Tomlin 等认为,短距离运动员也应该有一定比例的耐力训练,因为 CP 再合成的速度以及乳酸的消除速度都与代表耐力水平的最大摄氧量($\dot{V}O_{2\max}$)有很高的相关性,尤其是有大肌群参与运动的项目。例如,举重项目是典型的无氧供能项目,按供能系统划分主要为磷酸原系统,它的特点是要求运动员在较短的时间内,肌肉的最大紧张和肌肉最快的收缩速度来完成最大的功。一般情况下,不管是抓举或是挺举,完成一次动作的时间不会超过 10 秒,因此,从时间上分析,举重是以 ATP-CP 供能为主的典型的高能磷酸化系统供能的运动项目。但是,要达到举重的极限,机体需要一个渐进的、有机的调动机体的过程,运动员在训练或是比赛中,要想达到 100%的运动强度,需要安排很多组、很多运动负荷递增的过程或准备活动,在此过程中,单纯依靠 ATP-CP 系统的供能,不能完全满足一堂大强度负荷训练或者参加比赛的需要,还同时要求运动员具备较强的其他供能能力——糖酵解能力和有氧代谢能力。

(3) 发展糖酵解系统供能能力的训练特点

科学而有系统的耐乳酸训练,不仅能够提高肌肉缓冲 H^+ 能力和糖酵解生成乳酸的能力,还能够提高这些酶在高乳酸环境下做功的能力。同时,系统训练与科学补糖能够提高肌肉糖原的储备,从而提高速度耐力。研究证实,剧烈运动 35 秒时,乳酸产生达到最高值,而要发展速度耐力,必须使 CP 耗竭和乳酸堆积到较高程度,所以 35 秒左右是最基本的持续运动时间,如果持续运

动时间太短，CP 还未消耗到一定程度，不能造成乳酸明显堆积，不利于提高肌肉对乳酸的耐受力。但是运动持续时间也不宜太长，时间太长说明运动强度不够，乳酸水平不能达到最高，训练效果达不到最佳。一般来讲，发展速度耐力训练运动持续时间因个体差异不同和训练水平不同而异，在实际训练中一般不应少于 30 秒，训练水平高的运动员可以达到 1 分钟左右。例如，田径 100 米和 200 米跑的运动员，应该不同程度地采用 400 米跑训练以使乳酸充分堆积，有利于发展糖酵解酶在高乳酸环境下工作的能力，从而提高后半程的运动能力。

5. 参与有氧代谢的物质及其代谢特点是什么？

有氧代谢供能能力与运动耐力有很强的正相关关系。有氧训练中参与供能的主要是有氧代谢供能系统，最重要的能源物质是糖。在长距离及超长距离运动中，脂肪和蛋白质有氧化供能也占一定比例。在氧充足的情况下，糖、蛋白质和脂肪能够彻底氧化分解为二氧化碳和水，同时释放大量的能量。虽然人体内脂肪储备的能量远大于糖储备的能量，但由于糖氧化供能在利用氧的效率上明显大于脂肪酸和蛋白质氧化供能，在利用同样数量氧的情况下，糖氧化供能约比脂肪氧化供能多 10%。因此，在长距离及超长距离项目中，目前趋向于利用运动中补糖来提高糖氧化供能的比例，以提高同样摄氧量条件下运动员的速度。例如，竞走项目是典型的以有氧供能为主的运动项目，在长时间竞走运动中，提供能量的主要物质是糖和脂肪，糖原储备低下是引起运动性疲劳和速度下降的重要因素。糖供能主要体现在运动前期以及运动后期的加速超越和冲刺阶段。运动中后期，脂肪供能的比例明显增加，成为整个运动阶段中重要的供能物质。在竞走比赛开始 3 小时后，平均能量消耗从 55.4kJ/min（千焦/分）下降到 46.2kJ/min，呼吸商从 0.92 下降到 0.66。说明在运动后期，糖作为供能物质所占比例逐渐减小，脂肪供能比例逐渐增大。高水平竞走运动员与低水平运动员相比，一方面，在完成相同输出功率或者摄氧量强度运动时，更多利用脂肪供能而节省糖的使用；另一方面，高水平运动员往往具有更高的糖原储备。在训练或比赛中及时补糖，能够帮助运动员节省糖的利用和增加糖的储备，从而提高训练或比赛的成绩。

由于人体糖储备能力是非常有限的，运动中补糖能被消化、吸收和利用的量也是有限的，因此，在马拉松和铁人三项以及超长距离竞赛项目中，还是有相当大一部分能量靠脂肪氧化供给。目前普遍认为，在运动时间为 90~120 分

钟以内的传统长距离项目运动训练中，着重培养糖有氧代谢能力很重要，而在长距离（如 100 公里）的自行车赛和一些新兴的超长耐力项目，如超马拉松跑、90 公里滑雪、横渡海峡游泳或帆船等 6 小时以上运动，以及挑战人体耐力极限的各种体力活动中，应该注重培养脂肪有氧代谢能力，在训练强度安排上，应该注重如何最大限度提高脂肪代谢能力，在膳食安排上，应该增加些高脂膳食。经过系统耐力训练后，可以增加肌肉利用脂肪供能的能力。另外，肝脏在运动中能够把脂肪酸分解为酮体，肌肉、大脑都可以利用酮体直接氧化供能。因此，肝脏产生酮体其意义就在于充分利用代谢器官帮助运动器官提供易利用的能源，这在长时间运动中是很有意义的。注意，保护好肝脏的功能对耐力项目运动员也是非常重要的。

有些控体重运动员利用有氧运动帮助消耗体内脂肪，必须注意避免两个误区：

（1）运动强度过大。此时人体消耗最快的是糖而不是脂肪。有研究表明，一般人在以 70%~75% 最大摄氧量强度运动 30 分钟后，脂肪消耗的速度即可达到最高。因此，在控体重时须防止“欲速则不达”。

（2）严格控制主食。这也是不正确的，因为脂肪氧化供能需要糖的参与，因此，当体内糖储备很少时，脂肪也很难被消耗掉，所以必须吃一些主食，然后利用低强度的有氧运动来消耗掉脂肪。

蛋白质是人体细胞结构的重要组成部分和功能单位。人体内的蛋白质本不应该参与能量供应的，但在力竭性的运动中，当肌糖原的浓度低于一定水平时，蛋白质和氨基酸就会被分解进行有氧代谢供能。长期耐力训练可以通过提高某些氨基酸代谢酶的活性，使氨基酸代谢发生适应性变化，使氨基酸氧化供能速度加快。氨基酸分解以后主要的代谢产物是氨基，氨基对人体有较大的毒性，因此，需要通过一些代谢和转化过程来缓解其有害作用。其中，一部分氨会与糖代谢产生的丙酮酸反应生成丙氨酸进入丙氨酸—葡萄糖循环，以避免血氨过高；另一部分氨则在肝脏经过鸟氨酸循环被转变为尿素，经过肾脏随尿液排泄出体外。

综上所述，在有氧训练中，根据参与供能的物质来源不同，可以检测到的代谢产物也不同。

（1）中等强度（65%~85% 最大摄氧量）、30~60 分钟以内的运动中，代谢底物主要是糖，糖通过完全氧化供能，最后产物为二氧化碳和水，因此，可以说在血液中没有可检测的糖代谢产物。但通过肺功能仪可以检测呼出与吸入气体的成分，并计算呼出二氧化碳与吸入氧气的量，通过两者的比值（呼吸商）来反映运动的强度。

当人体主要动员脂肪供能时,呼吸商约为 0.7,随着运动负荷强度不断加大,脂肪供能已经不能满足运动需要,此时糖参与供能的量越来越大,呼吸商也越来越高。当呼吸商接近 1 时,表明人体最大程度利用糖与氧化供能并生成二氧化碳,此时有氧代谢效率最高,人体乳酸堆积较少,这时的负荷称做“无氧阈”。在“无氧阈”强度下血液的乳酸水平被称为“乳酸阈”,如果运动强度超过此阈值,人体内血乳酸就开始加速积累,如果用曲线描绘乳酸变化情况,则存在两个非线性的偏离点,第一个偏离点在 2mmol/L 左右,第二个偏离点在 4mmol/L 左右。目前,各级运动队中广泛应用血乳酸 4mmol/L 时对应的摄氧量、功率或运动速度作为运动训练和实验室检测时的乳酸阈。实际上,不同个体有不同的乳酸阈,有氧代谢能力越强的运动员乳酸阈时的运动强度(乳酸阈强度)越高。作为优秀运动员,其科学化训练的水平主要体现在训练中的“个体化”,因此,在训练开始时最好测试该运动员的“个体乳酸阈”,在训练中根据个体乳酸阈来安排训练负荷强度,这样才能真正最大限度提高有氧训练的效率。

(2) 达到一定强度(>60%最大摄氧量)的运动训练后,脂肪就开始动员。运动时间超过 30 分钟后脂肪动员逐渐接近最高水平,此时血液中的酮体开始升高。酮体是由于脂肪氧化不及时而产生的一种副产物,当脂肪动员速度超过脂肪氧化供能速度时就会开始堆积。酮体是酸性物质,积累过多会使机体发生酸中毒,是疲劳产生的因素之一。由于训练达到一定的强度后,训练时间越长酮体堆积也会越多,因此,可以测定尿中酮体浓度用来监控训练量的大小。

(3) 当运动时间超过 30~60 分钟且肌糖原消耗到一定程度时,肌肉就会开始分解蛋白质供能。氨基酸供能的第一步就是先脱下氨,氨对人体来说具有相当大的毒性,是人体外周疲劳和中枢疲劳的重要原因之一。正常人体,肝脏会迅速将氨转化为无毒性的尿素,因此,检测血液中尿素的水平能够反映训练量。

根据上述研究成果,为便于在训练实践中应用,把运动中能量动员的过程总结为三个转折区,作为用生理生化手段进行训练监控的理论依据。

第一转折区是糖阈(Carbohydrate threshold):运动时当能量需求大于游离脂肪酸氧化输出最大功率(30%~50%最大摄氧量)时,机体开始主要依赖糖氧化来供能,这一转折点叫糖阈。当运动强度低于糖阈之下,部分脂肪和糖都氧化供能(如竞走、慢跑、超长距离跑或长时间极限运动等),此时能量物质消耗情况依赖于负荷强度和肝糖原、肌糖原水平,以及血液中游离脂肪酸浓度。