

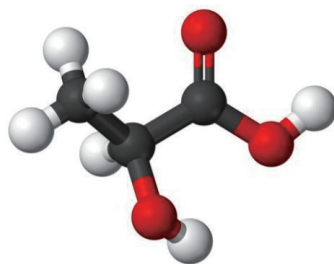
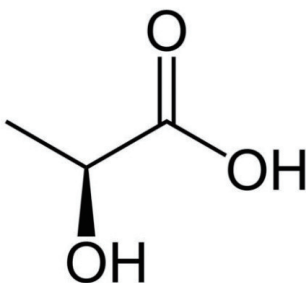
肌肉酸痛话乳酸

撰文 史仍飞

我们都有这么一个印象，参加过体育运动以后，经常会有肌肉酸痛等现象，很多人会把这种酸痛归罪于“乳酸积累”。那么，真的是乳酸在起作用吗？

乳酸究竟与运动有何关系？

乳酸是一种有机小分子物质，分子式是 $C_3H_6O_3$ 。它是一个含有羟基的羧酸，因此是一个 α -羟酸(AHA)。在水溶液中它的羧基释放出一个质子，而产生乳酸根离子 $CH_3CHOHCOO^-$ 。乳酸有手性，有两个旋光异构体，一个被称为L-(+)-乳酸或(S)-乳酸，另一个被称为D-(-)-乳酸或(R)-乳酸。左旋的乳酸在汗、血、肌肉、肾和胆中出现。混合的乳酸来自酸奶制品、番茄汁、啤酒、鸦片和其他高等植物。1780年，瑞典化学家卡尔·威尔海姆·舍勒首先发现了乳酸。舍勒是在酸奶中发现并分离出乳酸的，因此命名为乳酸。实际上，乳酸的真正化学名称应该为2-羟基丙酸。1808年，瑞典的化学家



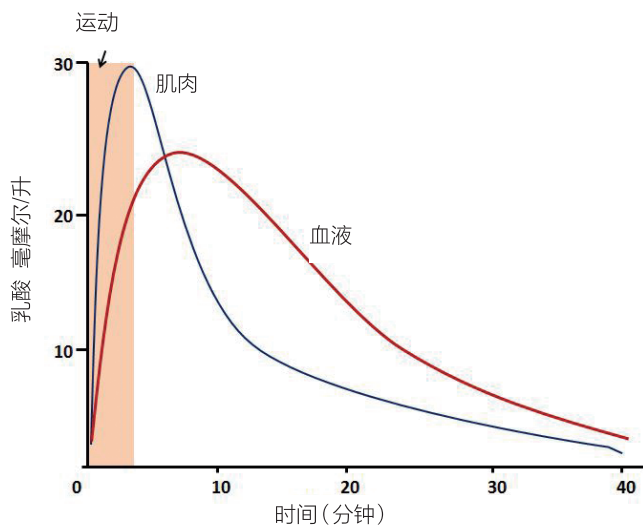
乳酸的结构

琼斯·雅可布·贝采利乌斯发现动物疲劳的肌肉中产生乳酸，并且其浓度与肌肉的活动程度成比例。1907年，弗莱彻和霍普金报道肌肉疲劳以及缺氧可以导致乳酸的堆积，而且在有氧气存在的情况下，堆积的乳酸可以消失，其研究成果为英国科学家希尔后来的“氧债学说”打下了基础。在此后乳酸在竞技体育中广泛应用，自从20世纪五六十年代血乳酸被应用于体育界以来，血乳酸在阐明和了解训练的原理、制定和修改训练计划、调节和控制运动强度、评定和预测训练水平等方面做出了巨大贡献，故乳酸有“训练标尺”之美称。目前，随着血乳酸测试方法

的不断改进，特别是乳酸分析仪(尤其是便携式乳酸分析仪)的普及，血乳酸在运动中的运用越来越广泛。

乳酸生成与消除

人体主要以有氧代谢为主，体内安静不缺氧状态下，机体的乳酸主要来自一些经糖无氧代谢以获得部分或大部分能量的组织和细胞，如皮肤上皮细胞、视网膜、睾丸、肾上腺髓质、成熟红细胞。其中，皮肤细胞中的糖酵解速度最快，成熟红细胞几乎全靠糖酵解获得能量。这些组织、细胞以及上面所提到的骨骼肌内的乳酸，均可迅速进入血液，成为血乳酸。所以，在安静



运动后肌乳酸与血乳酸浓度随时间变化图

状态下,血乳酸总是保持一定的水平——1毫摩尔/升左右;在剧烈运动后,血乳酸最大可以达到20毫摩尔/升,甚至更高,其主要来自于无氧代谢的肌肉生成。此外,在安静状态下,骨骼肌中乳酸含量为1~2毫摩尔/千克肌肉,运动时最大可达到30毫摩尔/千克肌肉。

在激烈运动过程中乳酸在肌肉里的堆积,确实会形成肌肉pH值的下降,造成肌肉酶活性的降低,进而形成肌肉活动的疲劳现象(急性肌肉酸痛)。因此,加快运动后乳酸的清除对于改善运动竞技能力就大有裨益。一直以来,作为有机小分子物质的乳酸,可以顺着浓度梯度,从细胞内扩散至细胞外。研究发现,

在肌细胞膜含有的单羧酸转运蛋白(MCT)有8种亚型,其中MCT1和MCT4主要存在于人类和大鼠骨骼肌,有助于乳酸的跨膜运输。除了极少数乳酸会随汗液和尿液直接排泄出去外,乳酸主要有三条去路,一是进入线粒体进行有氧代谢;二是通过糖异生途径生成葡萄糖,葡萄糖还可以合成糖原;三是进入血液运到肝脏细胞代谢。

运动后加快乳酸清除的办法通常是以慢跑或其他轻松的运动方式(强度为最大摄氧量的35%至65%),进行整理运动,不但可以加速血乳酸送到肝脏储存与氧化的反应,而且还能够增加心脏与工作肌利用乳酸作为燃料的量,确实提升运动后血乳

酸的排除效率。另外,运动后进行按摩或者伸展运动也有助于促进乳酸的转化,但新近的研究并不支持此观点。实践中还有人发现,运动后吸入20分钟左右的高浓度氧也能让人体较快地清除一些代谢堆积产物。

在运动医学界,如何解决乳酸堆积带来的问题,让身体迅速恢复机能,也成为了关注的焦点。从目前的研究结果来说,主要有两种思路:一是通过增加有氧代谢的能力,加快乳酸的清除或减少乳酸的生成;二是提升糖酵解系统的功能,让身体更耐受已然生成的乳酸,并加速乳酸的转运和代谢。

对于很少运动的人,偶尔进行运动时,肌肉内的血液供应不足,就会产生酸性物质乳酸。当乳酸未能及时代谢排出体外或氧化掉,积聚起来就会刺激肌肉中的神经末梢,导致肌肉酸痛,这往往是急性酸痛。运动后乳酸的清除最多在运动后的1~2小时,但是这种酸痛往往在运动后的1至3天较为明显,称为延迟性肌肉酸痛,主要是因为肌肉局部炎症反应有关,与乳酸的堆积无关。■

(责编 桑新华)