

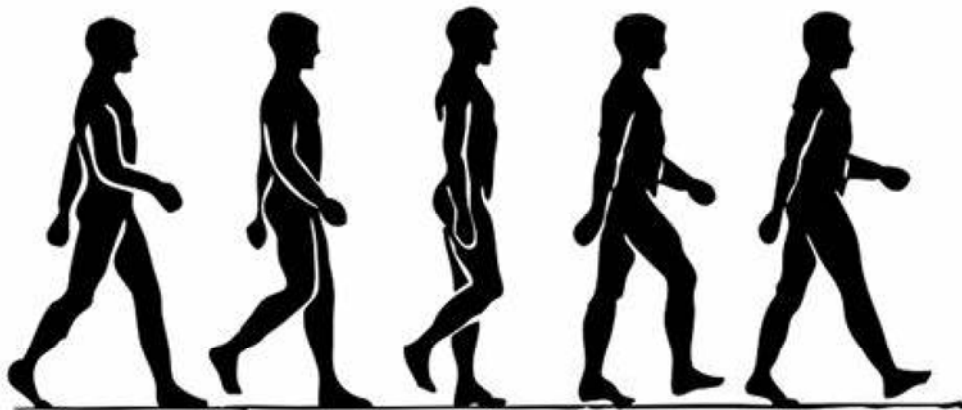
第一节

跑步的步态周期

跑步是最简单的运动，人类从学会直立行走的300万年前就开始使用下肢进行行走和奔跑，人类的身体结构也因为支撑方式的改变而不断地进化。人类在

行走和奔跑时频繁转换单腿支撑，脊柱和骨盆负责稳定头和躯干，髋、膝、踝联动产生运动。换句话说，人类进化的方向就是为了能更稳定地直立行走和更快速、持久地奔跑。第一章对于跑步过程中相关的肌肉做了介绍，下面将对跑步过程中各个步态周期中肌肉的工作原理进行详细的阐述。

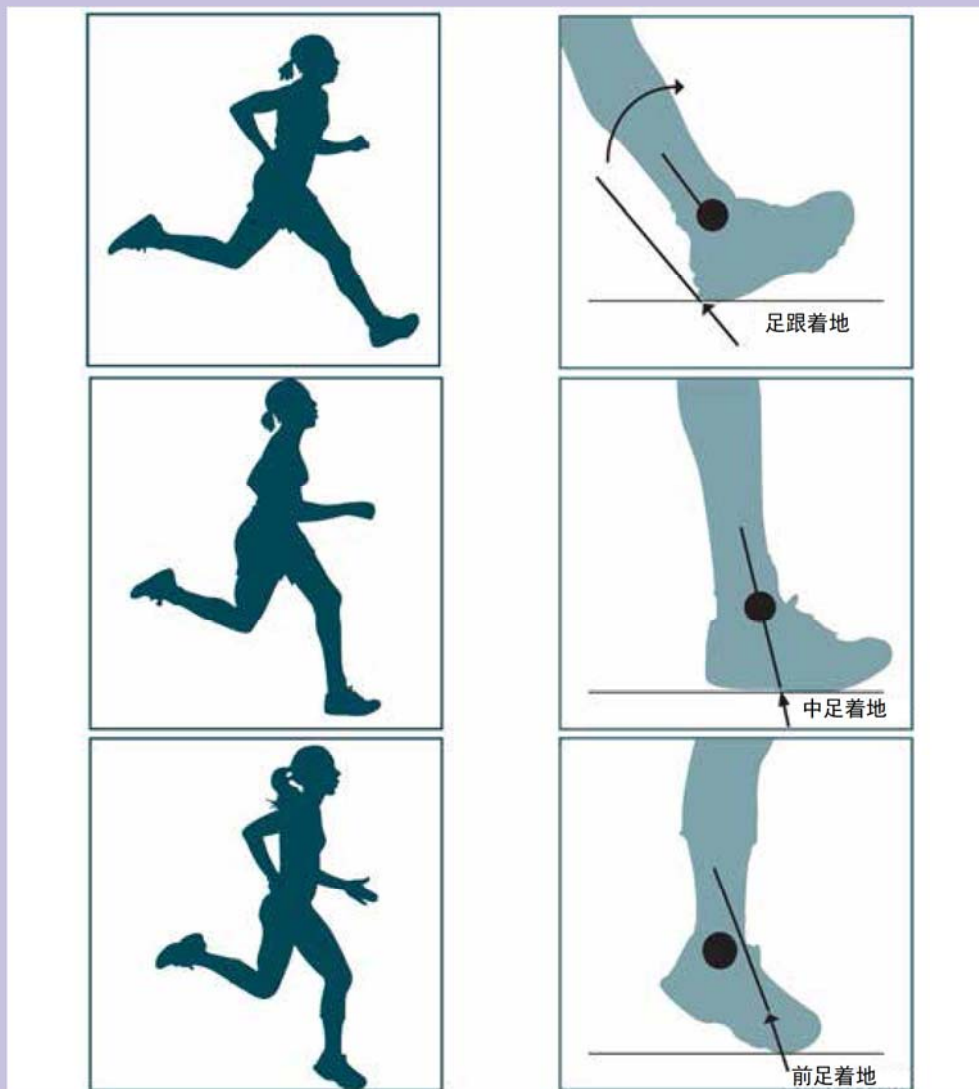
步态



行走的步态分析

在讨论跑步的步态周期之前，有必要探讨一下行走的步态，因为我们每个人都是先蹒跚学步，然后才开始学跟跑地跑。走路与跑步最大的区别在于走路是双脚的交替离地，行走过程中至少是有一只脚踩在地面上，或是两只脚同时承担身体的重量。我们的

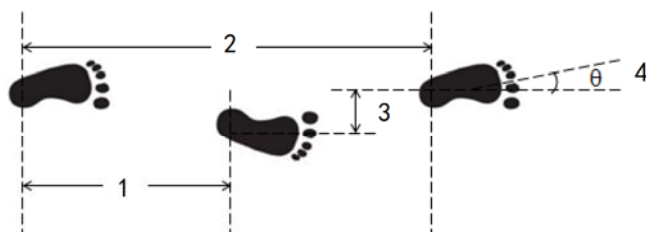
脚和地面实时接触，我们身体的支撑系统对于地面的反作用力是连续不间断的，这时地面给予整个身体的冲击是缓和的；而跑步的过程中，我们会有双脚腾空的状态，随后单脚落地，此时，身体承受地面的冲击力会急剧上升，冲击力峰值可以达到体重的2~3倍甚至更大。



除了落地方式的不同，从肌肉的募集和发力顺序来看，行走和跑步并没有太大的区别。所以，在探讨跑步的步态周期之前，我们先介绍行走的步态周期。如果行走的步态出现问题，跑步的步态也会大概率地出现问题，而且问题会被放大。这样做的目的在于当跑者出

现疼痛或者不适时，不应该简单地去纠正跑步的姿势，而更应该先评估走路的步态。改善行走的步态，再去进行跑步时姿势的纠正，才能起到事半功倍的效果。

下面我们来看行走（步行）的基本参数。



- 步长（1）：行走过程中前脚足跟到后脚足跟的距离。一般步长为50~80厘米。

- 步幅（2）：行走过程中由一侧足跟着地到该侧足跟再次着地的距离，正常的话等于步长的两倍。

- 步宽（3）：行走过程中左右两脚之间的横向距离。通常以足跟中点为参照点，一般为4~12厘米。

- 足偏角（4）：行走过程中前进的方向与足的长轴的夹角。正常约为 6.75° 。

- 步频：行走过程中每分钟迈出的步数。健全人的步频为95~125步/分钟。

- 步速：行走过程中单位时间内通过

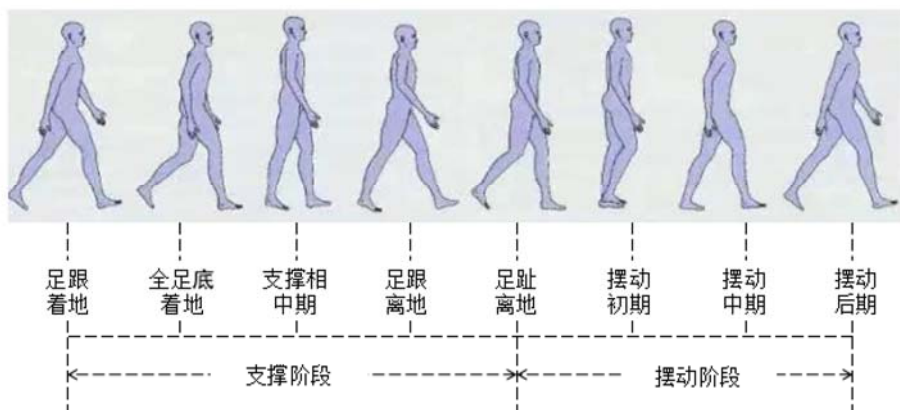
的距离。健全人的步速为1.2~1.5米/秒。

- 步行周期(Gait Cycle)：行走过程中一侧足跟着地到该侧足跟再次着地的过程。一般成人的步行周期为1~1.32秒，分为两个阶段。

支撑阶段(Stance Phase)：为足底与地面接触的阶段，可以细分为：足跟着地、全足底着地、支撑相中期、足跟离地、足趾离地。

摆动阶段(Swing Phase)：指支撑腿离开地面摆动的阶段，可以细分为摆动初期（又称加速期）、摆动中期、摆动末期（又称减速期）。

以右侧为支撑侧进行步态周期的分析，如下图所示。



在步行中，以右侧下肢着地为例分析发力的肌肉（主动肌）。

足跟着地到全足底着地：臀大肌，腓绳肌。

全足底着地到支撑相中期：臀大肌，腓绳肌。

支撑相中期到足跟离地：臀大肌，腓绳肌，小腿三头肌。

足跟离地到足趾离地：小腿三头肌。

足趾离地到摆动初期：髂腰肌，股四头肌。

摆动初期到摆动中期：髂腰肌，股四头肌。

摆动中期到摆动后期：髂腰肌，股四头肌。

从步态分析的结果可以看出，在支撑阶段，右腿与地面接触之后主要做了后伸的动作，臀大肌主要负责收缩发力，到极限位置后随着重心的前移，臀大肌不再发力，转而由身体前侧的髂腰肌和股四头肌主要收缩发力，右腿发生前屈的动作。

跑步的步态分析

跑步可以看作行走的进阶，跑步与走路本质的区别就是没有双脚支撑的过程。跑步过程屈髋、屈膝幅度更大，肌肉的参与程度更高，膝盖需要承受的冲击力也就更大，这也是为什么跑步爱好者大部分的伤病都出现在膝盖周围的原

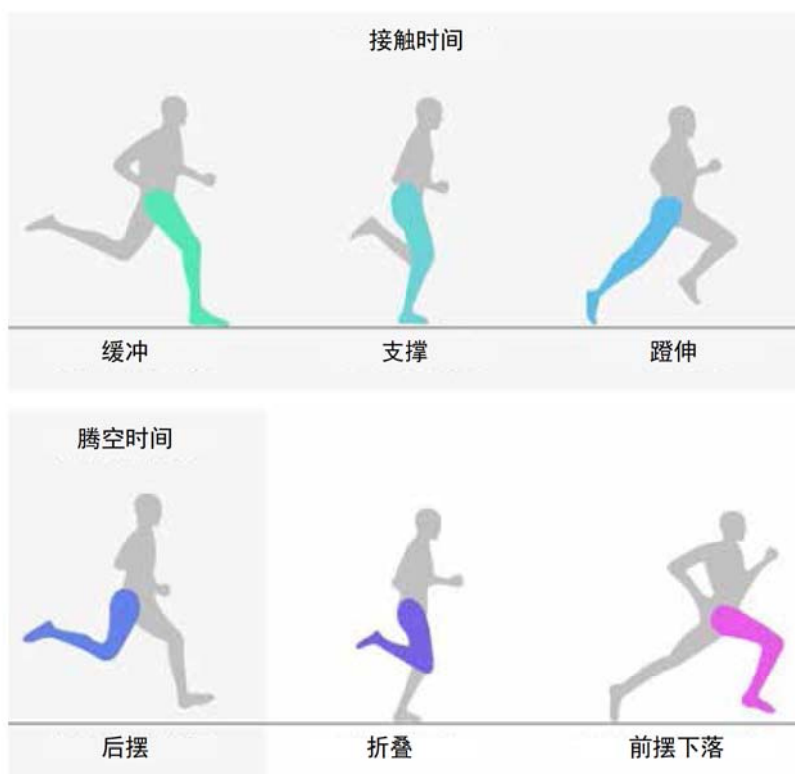
因。从运动力学来说，足踝和髌关节负责灵活性，膝盖作为身体重量的主要支撑关节，负责稳定。一旦足踝关节或者髌关节的灵活性不足，膝关节就不得不进行灵活性的补偿，负责膝关节稳定的肌肉就会代偿发力，从而引起肌肉的过度使用；反过来说，膝盖原本是负责稳定的结构，如果由于各种原因使这种稳定结构变得不再稳定时，维持稳定的功能将会由髌关节和足踝关节补偿，那么足踝和髌关节原本的灵活性属性就被限制。这样就会导致跑步的姿势变形，足踝和髌关节僵硬，附着的肌肉的弹性和延展性变差，黏滞性变高，从而使肌肉的兴奋度和做工效率变差，甚至出现挛缩和张力失衡，引发足踝和髌关节的不适和疼痛。

跑步是行走的进阶，所以行走中出现的步态问题会在跑步过程中被放大，行走过程中不出现疼痛，在跑步过程中却可能会出现。跑步出现疼痛的问题建议先评估行走的姿态，将行走的步态问题调整好后，再调整跑步的姿态。

肌肉力量也是决定跑步姿态的核心要素之一。强有力的肌肉可以保证跑者在跑步过程中获得足够的能量，同时，肌肉可以维持骨骼和关节在运动过程中保持在正确的位置，在运动过程中，有效地吸收地面的反作用力而保护骨骼关节不受冲击。

类似于行走的步态周期，跑步的周期同样也可以分为支撑阶段和摆动阶段，支撑阶段细分为缓冲（Initial Contact）、支撑（Mid-stance）和蹬伸（Take Off）；摆动阶段

又可细分为后摆（Initial Swing）、折叠（Mid-swing）、前摆下落（Terminal Swing）。跑步与走路的最主要的区别在于跑步有腾空时间（Flight Time）而走路没有。



从分析主动收缩的肌肉（主动肌）来看：

缓冲到支撑：臀大肌，臀中肌，腓绳肌，胫骨前肌。

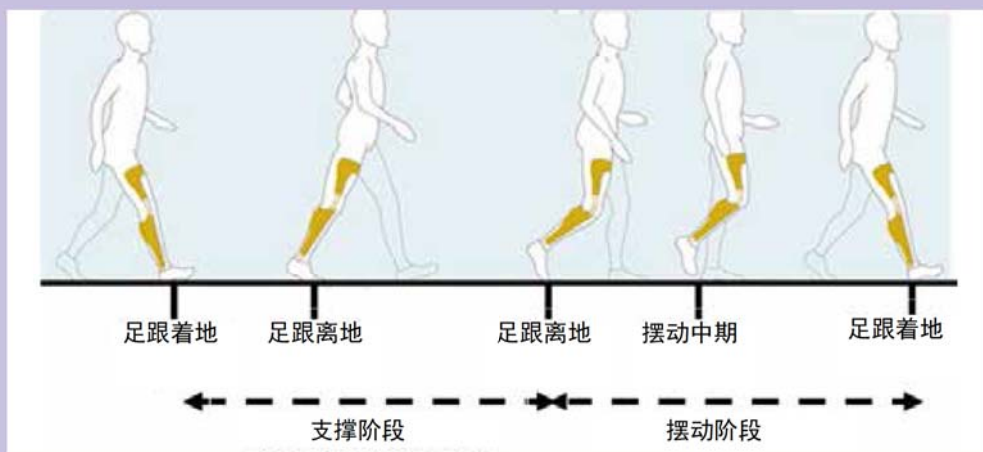
支撑到蹬伸：臀大肌，臀中肌，腓绳肌，小腿三头肌。

蹬伸到后摆：腓绳肌，臀中肌，小腿三头肌。

后摆到折叠：髂腰肌，股四头肌，腓绳肌，臀中肌。

折叠到前摆下落：髂腰肌，股四头肌。

通过分析可以看出，跑步和行走都分为支撑阶段和摆动阶段，而且主要的发力肌肉基本相同。不同的是，跑步过程中肌肉发力更多，而且跑步过程中臀中肌参与更多，保证骨盆的稳定；同时，小腿三头肌在落地缓冲的过程中，通过离心收缩的控制，起到了地面给予身体反作用力的缓冲和传导。若落地时小腿三头肌的离心控制力比较弱，则下肢缓冲不够充分，地面的作用力将会更多地传导到脚踝和膝盖，增加受伤的风险。



同样的道理，落地缓冲到支撑的过程，如果膝关节是伸直的状态，则股四头肌就无法进行离心收缩控制，此时来自地面的反作用力不会被肌肉吸收而直接作用在膝关节，那么来自地面的2~3倍体重的冲击力就直接作用在脚踝、膝盖以及臀部，而引发关节的疼痛。

第二节 跑步的经济性

1 什么是跑步的经济性

跑步的经济性是指在某一特定速度下，每公斤身体重量或者单位质量体重

向前移动1米所消耗的能量。单位质量体重移动1米消耗的能量越小，说明跑步经济性越好，总做功最小、弹性势能最大化产生最佳的跑步经济性。

可以从下面指标来评估跑步的经济性。

振幅/步幅比：也称垂直振幅比，它是成本效益比的概念，成本是垂直振幅，效益是移动步幅。此参数越低，代表技术越好。

级别	潜力级	优秀级	精英级	国家级
垂直振幅比	8.0%~9.0%	7.0%~7.9%	6.0%~6.9%	<6.0%

级别	危险级	正常级	优秀级
触地时间平衡	52%/48%	51%/49%	50%/50%

跑步经济性不仅与跑步效率和跑步表现有关系，更关乎跑者的健康。在跑步时，为了获得更多向前的力量，我们的身体会微微前倾，此时重力会引导我们产生向前和向下的力量，我们的腿进行蹬伸加大向前的力的同时产生向上的力对抗重力。向上的力越大，我们的身体就会承受越大的地面的反作用力。在跑步的过程中，我们的膝盖本就已经承受了2~3倍的体重，如果加上错误的跑步姿态，那么膝盖的负荷就会进一步增加，从而增加产生伤病的概率。

垂直振幅是指身体在垂直方向发生

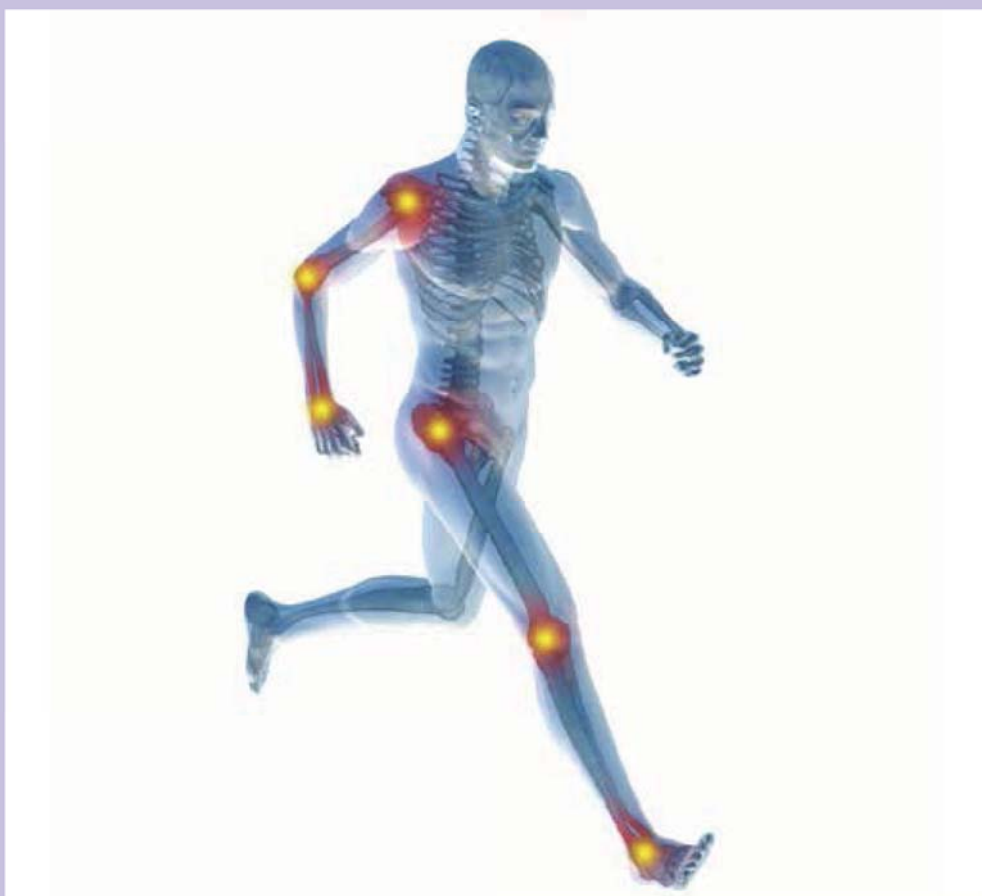


触地时间平衡：通过双足的触地时间对比，用来评估触地动作的一致性；平衡性越差，触地时间不同，受力也就不同，发生运动伤害的风险越高。

的位移，这个值越小，说明身体对抗身体重心起伏的力越小。但是，不同的身高会对这个指标产生影响，身高较高的人获得向前的力和向上的力会比较大。向前的力可以用步幅来体现，而向上的力可以用垂直振幅来体现。所以为了更科学地体现跑步经济性，则使用垂直振幅和步幅的比值。这个值越小，说明跑者更多的是在做向前的运动，消耗了更少的力去对抗重力。

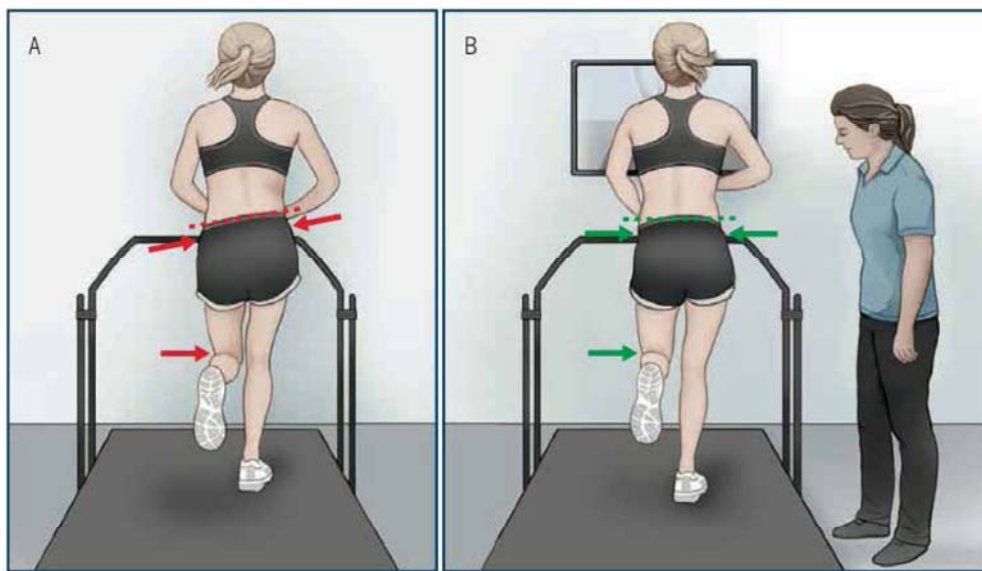
跑步过程中身体的左右摆动。身体的左右不均衡，不但会影响跑步前进的动力，而且会造成身体能量的浪费。除

此之外，还会使膝盖受到极大的伤害。从膝关节的结构来看，我们的膝关节前面有髌骨和髌韧带，侧面有内侧和外侧副韧带，关节囊里有前交叉韧带和后交叉韧带，腘窝位置还有腘肌稳定膝关节。所以从结构上来说，膝关节是不稳定的关节，其主要功能是屈膝，由髌骨进行力量的上下传导，但在日常生活和运动中需要做身体的转动或者变化方向，增加了膝关节的受力。



身体发生左右的摇摆，膝盖势必会受到两侧的挤压，膝关节囊中的半月板会承受来自侧面的剪切力，侧副韧带也会受到拉扯。久而久之，半月板可能发生磨损而产生疼痛，侧副韧带可能会松弛，从而导致膝关节失去原有的稳定性。

所以跑步过程中要尽量避免左右的晃动，这就涉及左右脚的触地时间的平衡，通过一些外接设备或者智能跑步手表来记录左右脚交替落地的时间，分析出左右平衡的数据，来指导跑者减少左右的晃动，使双脚落地的时间趋近于平衡。



A 错误姿势

B 正确姿势

当左右平衡差距超过4%，即52%/48%，跑者落地时间长的一侧承受更多的体重和地面的冲击，更容易产生损伤和疼痛。如果这种不平衡一直存在，则分析跑者偏于一侧的原因，是之前伤病发生的代偿行为，还是肌肉的不平衡所导致的。如果跑者是在一次跑步过程中发生了左右不均衡的变化，则很可能是跑者在跑步过程中产生了单侧的疼痛

而刻意将力量偏向另一侧。

所以可以看出，跑步经济性与跑步伤病存在着密切的联系。提高了跑步经济性，也会在很大程度上降低跑步伤病的发生。

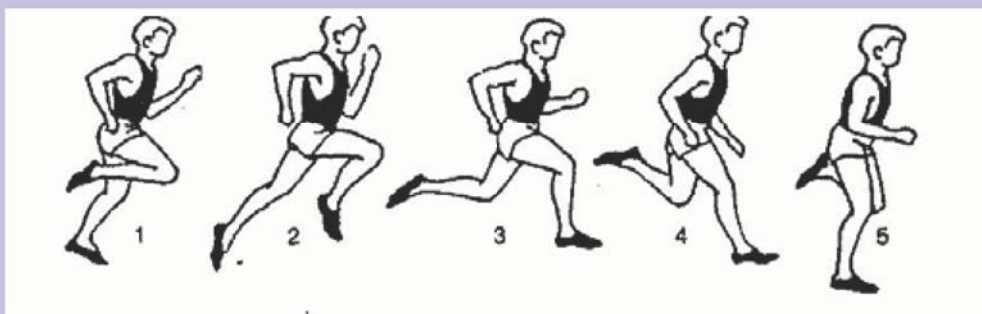
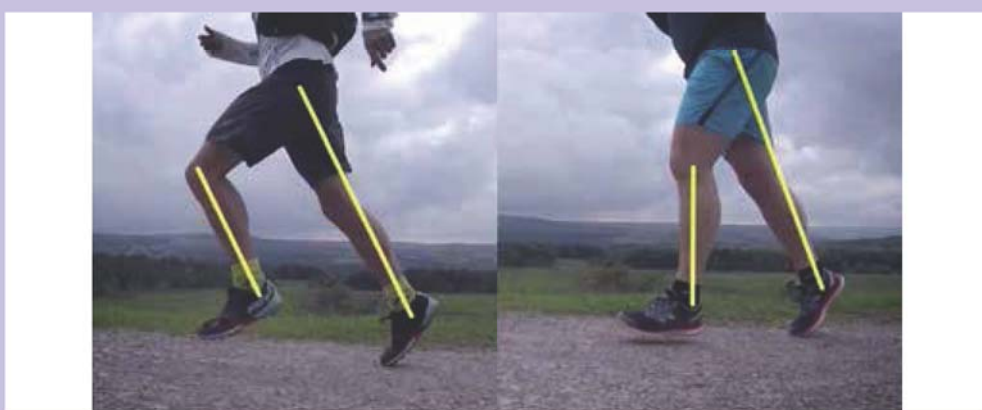
② 如何提高跑步经济性

1) 减小步幅，提高步频

对于跑步小白来说，步幅与步频是

矛盾体。步幅过大，步频就相对比较慢；步频快了，往往步幅就会减小。在大步幅和快步频的取舍中，应该更倾向于缩小步幅而增加步频。因为慢步频往往意味着跨大步，跨大步意味着更大的身体重心起伏。跑步是水平运动，而非

垂直运动，把过多的能量消耗在克服重力上做功，而不是水平做功，是能量的浪费，身体垂直做功越多，说明触地时间越长，下肢受力就越大。身体水平做功越少，身体向前的动力越小，跑步的速度自然会降低。



2) 强化核心力量

几乎所有运动项目都离不开强大的核心力量。核心肌群对运动中的身体姿势和专项动作起着稳定和支持作用。几乎所有的运动都是由多关节和多肌肉共同完成的。在募集肌肉的过程中，核心肌群作为四肢和躯干的重要连接点，担负着稳定重心、传导力量等作用，同时也是整体发力的主要环节，对上下肢体的协同工作及整合用力起着承上启下的

枢纽作用。无论是腿部强有力的蹬地摆腿，还是上肢稳定的摆臂，都需要以核心肌群作为上下肢发力的支撑点。因此，核心力量强的人跑步时，虽然上肢摆臂和下肢摆腿的动作频率很高，但却始终能保持躯干的稳定。核心力量不足的人跑步时，身体晃动，屁股摇摆，上半身和下半身会脱节，而且消耗掉无意义的做功，浪费能量，大大降低了跑步效率。



3) 增强肌肉力量

肌肉是跑步的发动机，是跑步的基础。肌肉力量除了让我们跑步产生前进的动力，也是稳定和支撑我们身体运动的前提。

灵活的髌关节可以让下肢完成前后左右以及旋转的动作，而臀部及腿部的肌肉就必须足够强壮才能保证髌关节在

承担上半身的全部重量的同时完成复杂的动作。在运动过程中发生跨步、跳跃等动作时，下肢承担的重量是体重的3~8倍甚至更高。一旦肌肉力量不足，压力将更多地分散到人体骨骼和关节上。这样一来，一是导致错误的跑步姿势，二是提高关节疼痛的风险，降低跑步的经济性。