

# 田径科技动态

2022 年第 5~6 期

2022 年 06 月编辑发行

中国田径协会

国家体育总局体育科学研究所 合编

- 郑雪峰: 100 m 短跑科学化训练进展与趋势—基于运动生物学和方法学的思考--1
- 韩鹏鹏: 朱亚明备战东京奥运会科技助力经验探索-----16
- 陈洋: 女子标枪奥运冠军刘诗颖体能科学化训练方案和理念-----31

## 100 m 短跑科学化训练进展与趋势—基于运动生物学和方法学的思考

国家体育总局体育科学研究所 郑雪峰、陈辉、等

在科学训练下,世界 100 m 短跑成绩出现快速提升,20 世纪 60 和 80 年代美国选手 Jim Hines 和原东德选手 Marlies Gohr 先后将男子与女子百米世界纪录突破 10 s 和 11 s。2000 年之后,不仅出现了 Usain Bolt、Shelly-Ann Fraser-Pryce 等奥运金牌选手,而且涌现出一批世界级优秀运动员。分析 1960—2021 年世界 100 m 短跑成绩发现,共有 173 名男运动员突破 10 s,123 名女运动员突破 11 s。其中,2010—2021 年,94 名男运动员跑进 10 s,占总数的 54.34%,58 名女运动员跑进 11 s,占总数的 47.1%,近 10 年男、女运动员达到世界级水平(男子 10 s 和女子 11 s 以内)的数量大幅度提升,占近 60 年总数的 51%(World Athletics, 2021)。一个项目整体运动水平快速大幅度提升的原因必然可以追溯到运动训练、训练的科学化及其相关基础研究的深入是运动水平快速发展的驱动力。

同时,短跑项目与运动员天赋密切相关,长期被认为是“天才”的角逐和黑人运动员之间的博弈。而近年来,我国短跑项目成绩出现快速增长,特别在东京奥运周期呈现出整体性和爆发式崛起的态势。对 2000-2021 年中达到国际级运动健将成绩标准(男子 10.25 s,女子 11.38 s)的人数和最佳成绩统计发现,从 2015 年开始我国 100 m 项目无论在数量上还是最佳成绩上均明显提升。在整

体数量上,有12名男运动员和5名女运动员达到并超过国际级运动健将水平,分别占总人数(2010—2021年)的48.00%和38.46%。在东京奥运会上,我国短跑项目取得历史性突破,苏炳添以9.83 s创造新的亚洲纪录,并在决赛中以9.98 s获得第6名,葛曼棋、谢震业分别以11.20 s、20.34 s晋级女子100 m和男子200 m半决赛,均创造中国奥运代表团最好参赛成绩。同时我国男、女4×100 m接力在决赛中也分获第3和第6名,展现了中国短跑的整体实力。

世界短跑项目整体水平的快速提升,以及我国短跑项目国际竞争力的明显增长的原因是我国运动训练理论和实践领域普遍关心的问题,也是追求短跑项目运动水平可持续发展亟需明晰的问题,对我国其他类似项目的训练兼具借鉴和指导作用。为此,本文在总结国内外相关研究成果的基础上,立足运动生物学和训练方法学视角,从训练理念、负荷和方法等不同层面,对世界及我国100 m短跑项目近20年的训练进行深入分析和总结。

### 1 肌肉用力模式——短跑动力源之辨

跑,作为人类生存的一种最基本运动方式,很早就引起人们的关注。早在20世纪30年代,美国学者Fenn(1930)就开始研究短跑克服重力做功和不同速度下功的变化,Kistler(1934)和Dickinson(1934)分别研究了短跑起跑反作用力和起跑脚间距对跑速的影响,这些研究开启了短跑专项研究的先河。此后,研究者从运动学、动力学、肌电、能量代谢和选材与训练等多个角度进行剖析,对短跑专项特征的认识逐渐深入。

世界短跑快速发展的背后是训练科学化水平的大幅度提升,这种提升首先表现在对短跑用力模式的认识上。用力模式是指人体运动时神经-肌肉所表现出的符合专项运动需求且合理的专门用力方式。该模式以运动的有效性和经济性为目标,可以为人体运动提供最大的动力并减少阻力。100 m短跑对神经-肌肉用力的精确性和动态控制具有极高要求,运动员一旦出现错误甚至微小瑕疵便基本失去取胜机会,因此,用力模式对100 m短跑这一典型的周期性短距离项目尤为重要。运用科学的训练方法形成符合专项力学特点和运动员个体条件的用力模式,是每一位世界精英选手取得优异成绩的必备前提。

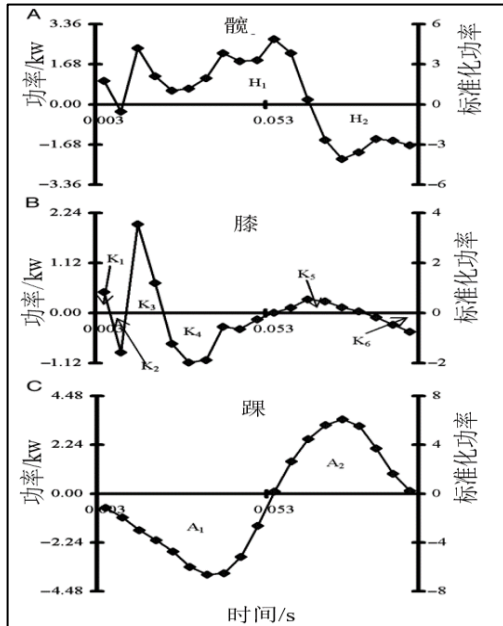


图1 优秀 100 m 运动员最大速度支撑阶段下肢各关节功率(Bezodis et al., 2008)

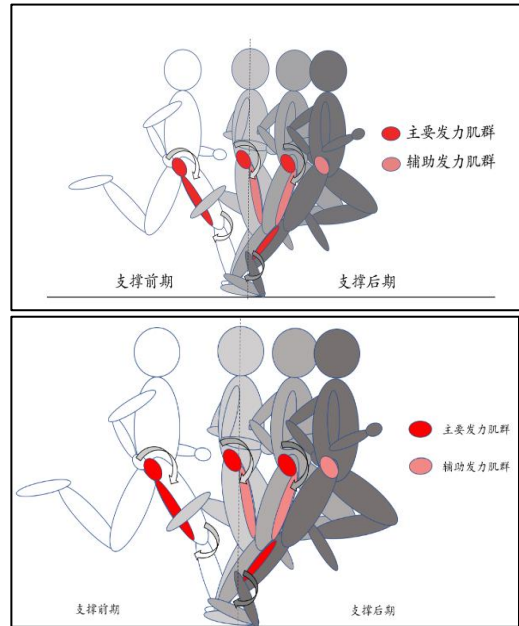


图2 不同支撑阶段下肢用力模式

20 世纪 80 年代, Mann 等(1980)对 15 名男子优秀短跑运动员高速跑动时下肢支撑腿的动作进行力学分析,认为短跑中支撑腿髋、膝、踝处的肌肉形成的某种高效用力模式是影响跑速的重要因素,指出了短跑用力模式对速度驱动力和运动表现的关键作用。随后,一些学者的基础研究也直接或间接支持了这一观点。Lemaire 等(1989)对 8 名加拿大和美国高水平短跑运动员进行了运动学测试,运用逆向动力学方法对运动员室内和室外高速跑时摆动腿髋、膝和踝关节肌肉发力功率进行计算发现,虽然很多教练员在其短跑训练计划中非常重视伸膝和勾腿力量训练,但功率(爆发力)分析结果显示,在整个摆动相中髋关节肌群才是下肢的主要驱动力,这也提示在短跑运动员的负重力量训练计划中,伸髋和屈髋肌群的训练应当引起足够的重视。该研究进一步明确了伸髋肌在提升下肢驱动力中的位置和作用,为短跑运动员的力量训练提出了指导性建议。

然而,从 20 世纪 80、90 年代的相关研究看,由于当时动力学和肌电的研究尚不深入,大部分研究基本局限在运动学范畴,仅从动作表象和肌肉解剖位置与功能视角分析短跑肌肉用力模式。2000 年之后,短跑研究快速发展,Belli 等(2002)运用测力台、高速摄像机和肌电图仪对 9 名中距离跑运动员慢速、中速和最大速度下肢关节力矩和功率进行测试,通过运动学、动力学和肌电同步研究发

现,踝关节和膝关节伸肌的作用是在着地前和着地期产生高的关节刚度,髌关节伸肌是身体向前运动的主要驱动力。随后,Bezodis 等(2008)运用测力台、高速摄像机对 4 名不同水平的 100 m 项目运动员进行研究,运用逆向动力学方法更加详细地分析运动员途中跑支撑阶段下肢髌、膝和踝关节在支撑前期和后期的动力学特征。结果显示,最大速度(10.37 m/s)时的前支撑阶段,即从脚着地到身体重心垂直于着地点阶段,力量(功率)的产生主要来自伸髌肌群,在后支撑阶段(推进阶段),伸髌力矩和跖屈力矩为主要驱动力。进一步来看,在推进阶段前期,伸髌力矩是主要驱动力,而在推进阶段后期,屈髌肌群离心收缩对抗伸髌惯性力矩以减小伸髌角速度,为下一步态周期做准备,此时跖屈力矩增大,成为推进阶段后期的主要驱动力(图 1)。钟运健等(2011)通过环节互动动力学研究发现,在摆动后期(髌关节最大屈曲之前),伸髌肌群做离心收缩对抗屈髌惯性力矩使髌关节屈曲速度减慢,之后伸髌肌群做正功积极摆腿下压(伸髌),支撑阶段对抗外力矩做正功使髌关节持续伸展;从摆动后期到支撑阶段中后期髌关节一直表现为伸髌力矩,伸髌肌群先后做离心收缩和向心收缩。同时,Huang 等(2013)利用环节互动动力学方法对优秀短跑运动员进行研究发现,摆动期髌关节的伸髌肌肉群作用与支撑期的作用同等重要。Morin 等(2015)研究表明,水平地面反作用力的产生与触地之前高度激活的股后肌群肌电活动以及能够产生较大离心力的股后肌群有关。由此,髌关节伸肌的工作范围以及工作性质更加明确,不仅强调闭链形式下髌关节的蹬伸,还要求开链形式下髌关节的积极伸展。

伸髌肌群对跑步的主导作用始于脚落地的反向支撑和缓冲,世界高水平短跑运动员高度重视“臀鞭打”(whip from the hip)这一腿着地发力技术(Clark et al., 2020)。Mann 等(2018)提出,最大速度时,身体与地面的相对速度较高,触地时会产生很大的制动力,正确的“鞭打”动作能够降低脚与地面的相对速度,进而减小着地时的水平制动力。同时,“鞭打”动作还能在支撑前期产生适宜的垂直反作用力,为弹性势能的蓄积和神经-肌肉的反射性募集创造条件。Haugen 等(2019a)认为,虽然增加水平推进力是提高速度的关键,但垂直分力同样重要,应在加速阶段提升身体重心高度,在最大速度阶段保持身体重心高度。从拉长-缩短周期角度,支撑前期机体从垂直方向获得的弹性能量,在支撑后期转换

释放为水平推进分力。从解剖学角度看，在足落地至支撑前期，地面反作用力从髌关节和膝关节前方经过，外力矩的作用是屈髌和伸膝，此时的肌肉力矩为伸髌和屈膝力矩(刘宇，2017)。因此，髌关节伸肌群在“鞭打”这一动作中起到主要贡献，这与前人研究一致，Bezodis 等(2008)指出髌关节是前支撑阶段主要驱动力(功率)来源，同时，支撑阶段膝关节主要作用是保持身体重心高度以及将髌关节力量通过踝关节向跑道传递。越来越多的研究结果表明，以臀大肌、股二头肌为主的髌关节伸肌群和以小腿三头肌、胫骨后肌为主的踝关节屈肌群是影响优秀短跑运动员跑速的重要下肢力量来源(图 2)。

| 年代   | Mann等(1980)    | Lemaire等(1989) | Belli等(2002)                      | Bezodis等(2008)                 |
|------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 研究方法 | 动力学            | 动力学<br>(逆)动力学  | 动力学 肌电<br>(逆)动力学                  | 动力学<br>(逆)动力学                  |
| 研究结论 | 某种发力模式是最大速度的基础 | 摆动阶段髌伸肌群是主要驱动力 | 伸髌肌群是前进主要驱动力，踝关节、膝关节作用是产生高的关节“刚性” | 前支撑阶段，力量主要源于伸髌肌群，后支撑阶段主要源于跖屈肌群 |

图 3 短跑最大速度阶段下肢动力学研究进展

经过近 40 余年的研究，从“用力模式”的提出到主要参与肌群功能作用的明确，人们对短跑运动员奔跑时下肢驱动力的认识在不断深入和清晰(图 3)。从生物力学的角度，获得尽可能大的水平推进力并尽可能减小落地时的制动力是提高奔跑速度的关键(Haugen et al., 2019b)。总体上，髌、膝、踝关节及其肌群在制动力和水平推进力 2 个重要因素上扮演的角色不同。触地前期，支撑腿膝和踝关节需要形成较高“刚度”的支撑，髌部伸肌群推动身体向前运动；而到蹬伸阶段，跖屈肌群则成为向前推动力的主要来源；摆动后期髌关节的积极伸展(即“臀鞭打”)对产生较小的制动力和较大的水平作用力起到非常关键的作用。因此，明晰髌关节伸肌群和踝关节屈肌群对短跑运动员尤其是高水平运动员的重要性是世界短跑理论研究的重要成果，其改变了传统的以下肢膝、踝关节发力为主的短跑用力方式，强调髌关节和骨盆肌群的发力，不仅充分调动人体下肢大肌群参与运动从而增大驱动力，而且还强化了躯干核心肌群对上、下肢用力的传导和协同作用，在某种程度上将以往的“腿部发力”变“身体发力”，形成以“臀鞭打”为主要特征的新型奔跑用力模式。

理论研究成果必然影响到运动员的训练，根据肌肉在跑动中的不同作用，世界范围内的短跑运动员明显提高了对各部位不同肌群训练的针对性。在力量

训练上,以臀大肌、股二头肌和小腿三头肌等伸髋和屈踝肌群为训练重点的同时,努力发展下肢肌肉拉长-缩短周期的反应力量和膝、踝肌群的刚度。在技术训练中,形成以伸髋肌群和踝屈肌群为驱动力的跑步模式是近年来世界短跑运动员高度关注的训练任务;强调在前支撑阶段髋关节的积极伸展和在后支撑阶段踝关节的主动跖屈,以期增加身体向前的水平分力,成为短跑技术训练的重要内容。同时,短跑用力模式的发展也影响到多个运动项目奔跑能力的训练,激活臀大肌已成为诸多运动项目的训练重点,用力模式的改变不仅能够提高跑动的驱动力,还可以代偿性减少膝关节的蹬伸动作,进而降低膝关节运动损伤发生的可能。研究表明,运动员在跑动中的触地初期和摆动末期,股后肌群受到来自髋、膝关节处外力矩同时向相反方向的牵拉,导致其处于巨大的应力(超过身体质量的8倍)和快速的应变状态,可能会造成股后肌群损伤(魏书涛等,2009)。因此,应根据股后肌群的肌肉类型及短跑的肌肉用力模式对股后肌群进行针对性训练,在预防损伤的同时提高成绩,延长运动寿命。

## 2 肌肉能量代谢——短跑项目特征之解读

100 m短跑成绩受耐力的影响吗?答案是肯定的,可相当部分运动员和教练员认为耐力对于短跑似乎是可以忽略不计的因素。然而,尽管100 m短跑的距离和时间很短,但仍存在明显的能量供应问题,在起跑—加速—途中—冲刺各阶段,人体3个能量代谢系统都参与其中,具有独特专项能量代谢特征。

对100 m短跑能量代谢的探析可以追溯到Margaria等人的研究,其认为能量消耗主要在起跑和起跑后的加速、对抗风阻和保持速度3个方面,分别需要60 cal/kg、40 cal/kg、100~120 cal/kg的能量;同时,研究认为100 m短跑运动员以磷酸原(PCr)供能为主,提供了大约120-150 cal/kg的能量供应,另外糖酵解系统提供40~50 cal/kg,有氧系统大约只提供10 cal/kg(Margaria,1968)。Mader等(1983)对100 m短跑运动员(成绩为10.31 s)跑动过程中的能量代谢进行了计算机模拟分析发现,在起跑后4~6 s过程中能量的主要来源为PCr,其储量从约20 mmol/kg快速下降到2.5~3.0 mmol/kg,以补充和维持机体唯一的直接能量供应物质ATP的水平;在100 m的后程,即大约5~10 s的阶段,PCr储备已低于3 mmol/kg,不足以继续作为主要供能来源,而糖原的无氧氧化,即糖酵解供能随即成为主要供能渠道,此时肌糖原在极短时间内快速酵解,

并产生大量代谢产物——乳酸(图 4)。

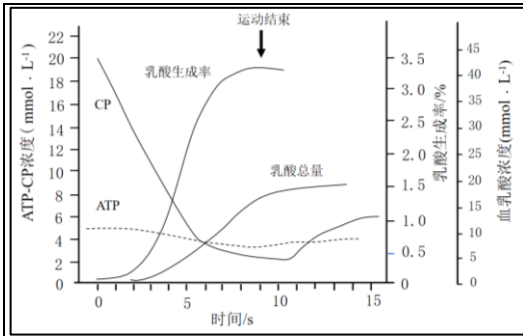


图 4 短时间高强度运动能量代谢特征 (Mader et al., 1983)

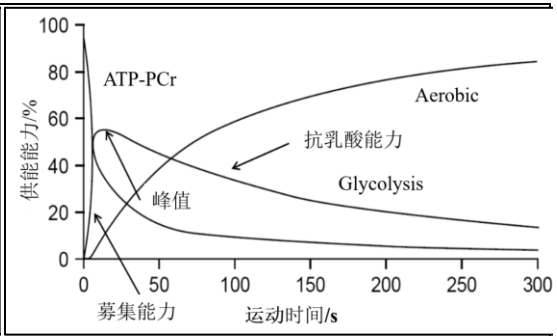


图 5 不同持续时间高强度运动中糖酵解系统供能特征(Gastin, 2001)

总体上, 100 m 短跑的能量供应主要为 ATP-PCr 和糖酵解系统(Duffield et al., 2004)。PCr 的供能主要发生在起跑至 40~50 m 处, 之后由于其储备有限迅速接近枯竭, 此时无氧糖酵解供能速度开始快速提升, 迅速接替磷酸原成为后半程的主要供能方式。因此, 从能量代谢的角度来看, 决定 100 m 短跑成绩的主要因素是人体 ATP-PCr 的储备量和糖原无氧酵解的速率, 前者决定了起跑及加速运动表现, 后者主要决定了后半程的奔跑速度。一般认为, ATP 储量极少, 约为 5  $\mu\text{mol/g}$ , 大约只能为肌肉最大强度收缩提供 1~2 s 的能量供应 (De Marées, 1996)。磷酸肌酸(PCr)的储备约为 20~25 mmol/kg, 且只有 85% 可以动用, 供能速率和供能时间与运动强度密切相关(Di Prampero, 1981)。糖酵解的主要能量物质为肌糖原, 在最大强度的力竭性运动中可以维持 50~90 s 的能量供应, 而对于 100 m 项目即 10s 的短距离运动来说, 单位时间的供能速率就成为该能量动用的关键因素, 一般可以用肌乳酸单位时间的生成率 [ $\text{mmol}/(\text{kg}\cdot\text{s})$ ]作为评价指标(Hohmann et al., 2002)。有氧氧化的能源物质尽管在人体的储量较多, 但由于其供能速率较慢, 对 100 m 短跑的作用很小(表 1)。

表 1 磷酸原、糖酵解和有氧氧化系统供能能力和功率(Heck et al., 2003)

| 能量供应系统 | 底物                              | 供能功率[ $\text{mmol}/(\text{kg}\cdot\text{s})$ ] | 供能能力( $\text{mmol}/\text{kg}$ ) |
|--------|---------------------------------|--|---------------------------------|
| 磷酸原    | ATP, PCr $\rightarrow$ ADP, Cr  | 3~6  | 20~25                           |
| 糖酵解    | 肌糖原 $\rightarrow$ 乳酸            | 1.5~3  | 50                              |
| 有氧氧化   | 糖原 $\rightarrow$ $\text{CO}_2$  | 0.5~0.75                                       | 受底物限制                           |
|        | 脂肪酸 $\rightarrow$ $\text{CO}_2$ | 0.24~0.4                                       |                                 |

注: 表中单位 kg 为湿肌重

由此可见, 对于 100 m 短跑训练来说, 训练手段和负荷的选择与安排都必

须考虑专项能量代谢特征, 增大 ATP-PCr 储量和提高无氧糖酵解的速率应该是运动员训练的两项主要任务。然而, 从目前的研究看, 尽管有研究证明通过训练可以提高肌肉的 ATP-PCr 含量(Di Prampero, 1981), 但多数研究并没有发现训练因素(包括短距离高强度训练)对静态 ATP-PCr 储备提升的显著影响(Dawson et al., 1998; Nevill et al., 1989; Sharp et al., 1986), 表明人体 ATP-PCr 的储备是否可以通过训练得到增加仍存在争议。从运动生物学角度看, ATP-PCr 的储备与肌纤维类型和肌肉量有关, 快肌纤维尤其是无氧快肌纤维的 ATP-PCr 含量明显高于有氧快肌纤维和慢肌纤维。而短跑运动员的肌肉比例以及肌肉中快肌纤维比例都高于普通人和耐力项目选手(Neumann, 1990), 这也许是短跑运动员通过训练增加肌肉量, 尤其是优先提高快肌纤维体积进而提高 ATP-PCr 储量的一个选择。但须注意的是, 这些研究的受试者基本都是普通人或体育大学生, 缺乏专业运动员特别是优秀短跑运动员的数据。

表 2 平均最大乳酸产生速率与跑步距离(运动时长)的关系(Mader et al., 1996)

| 变量                                   | 100 m | 200 m | 400 m |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| 运动时间/s                               | 10.5  | 21.5  | 45.0  |
| 无乳酸时间/s                              | 3     | 4     | 8     |
| 运动后最大血乳酸浓度/(mmol · L <sup>-1</sup> ) | 13    | 18    | 22    |
| 运动前血乳酸浓度/(mmol · L <sup>-1</sup> )   | 1.9   | 1.9   | 1.9   |
| 血乳酸生成速率/(mmol/(L·s))                 | 1.48  | 0.92  | 0.53  |

因此, 100 m 短跑运动员能量供应的第二个主要来源——无氧糖酵解就成为训练的主要关注点。虽然已有大量研究证明肌糖原具有超量恢复的特性(陈小平, 2017), 但由于其在无氧条件下的高强度力竭运动中最大供能时间为 50~90 s(De Marées, 1996), 对于 10 s 左右的短距离项目来说, 无氧糖酵解的能源物质储备和供能时间基本均覆盖甚至超出该专项距离(时间)的需求, 所以无氧糖酵解在单位时间内的使用速率就成为这类项目运动表现的关键因素。Mader 等(1996)运用计算机模拟得出了平均最大乳酸产生速率与短跑距离(运动时长)的关系(表 2), 运动距离(时间)越短, 运动后血乳酸值越低, 而血乳酸的生成率越高; 运动距离(时间)越长, 血乳酸值越高, 血乳酸生成率越低。这表明, 在力竭性运动条件下, 运动强度是决定无氧糖酵解速率的关键因素, 对于 100 m 短跑来说该速率基本决定了后 5 s 的运动表现。

作为三大能量代谢系统之一的无氧糖酵解供能在速度耐力训练中具有重



要作用。从代谢产物血乳酸的生成曲线看(图 5), 还可以将其进一步分为快速动员能力、最大高峰能力和乳酸保持能力(通常也称抗乳酸能力)3 种能力(Gastin, 2001)。短距离项目特别是 100 m 短跑显然以前 2 种能力为主, 但需要强调的是, 无氧糖酵解的快速动员和使用是一种专门能力, 它具有自身的生理机制并受其他因素影响。无氧糖酵解的快速动员能力可以通过训练得到显著提升, 这种提升主要与糖原分解(水解)酶的活性增强有关, 如磷酸果糖激酶(PFK)和己糖激酶(HK)等(Linossier et al., 1993; Parra et al., 2000; Rodas et al., 2000)。另一方面, 无氧糖酵解能力同时还受到磷酸原和有氧能力的影响, 较高的磷酸肌酸浓度可以延长其供能时间, 减少无氧糖酵解的供能比例, 从而在相同时间或速度条件下促进肌乳酸和血乳酸值下降(Hautier et al., 1994)。而有氧能力的增强也会间接影响到无氧糖酵解供能, 对于 100 m 短跑或 10 s 运动来说, 这种影响很低甚至可以忽略不计, 但对于 60 s 左右的力竭性运动来说, 有氧能力的提高可以有效降低同一时间或距离的血乳酸浓度(Hanon et al., 2010)。也有研究认为, 有氧能力的提升可以明显提高肌肉对酸性环境的缓冲能力, 即提高机体对乳酸的耐受力(Spriet, 1995)。由此可见, 人体 3 个能量代谢系统之间存在相互影响, 在运动中不能简单地运用某一单一指标评价特定能力的优劣, 例如, 不能简单地用血乳酸值的高低来说明无氧糖酵解能力强弱(Hautier et al., 1994), 而应将 3 个能量系统统筹考虑, 综合评定。

100 m 能量代谢特征应在一个更大视角下进行解读。Heck 等(2003)在 Mader 等(1983, 1996)能量代谢计算机模拟系列研究的基础上对短距离运动无氧代谢及其能力的诊断与评价进行了总结, 揭示了在 10 s 和 60 s 全力跑中 3 大代谢系统的供能差异(图 6): 1)对于力竭性高强度运动而言, PCr 的作用主要发生在运动的前程, 距离越短主导作用越强, 10 s 运动的作用明显大于 60 s; 2)糖酵解动员慢于 PCr, 在一定范围内, 距离或时间越短, 糖酵解的代谢速率(非代谢量)对运动表现的影响越大, 随着运动时间的延长, 其速率对运动表现的影响逐步减小, 而代谢量(乳酸量)逐步成为重要的影响因素; 3)有氧能力(摄氧量)会影响力竭性高强度运动时的表现和代谢, 运动距离(时间)越长作用越大, 尤其对后程冲刺具有主导作用; 4)pH 值是人体酸碱平衡的重要指标, 与血乳酸堆积的对应关系也被视为人体无氧乳酸缓冲或耐受能力, 在高强度力竭性运

运动中，pH 值的大小在一定程度上影响甚至决定了无氧糖酵解能力的水平，一般认为，通过有氧训练该能力可以得到提升；5)无论是 10 s 还是 60 s 的运动，3 个能量代谢系统都参与其中，且相互之间具有互补和制约关系。

综上所述，能量代谢是包括 100 m 短跑在内所有竞技运动项目训练的重要基础，从生物学角度全面和深入地认识 100 m 短跑的专项供能特征，并以此为依据科学设计和实施训练，是近年来世界和我国短跑运动水平快速提高的重要原因。

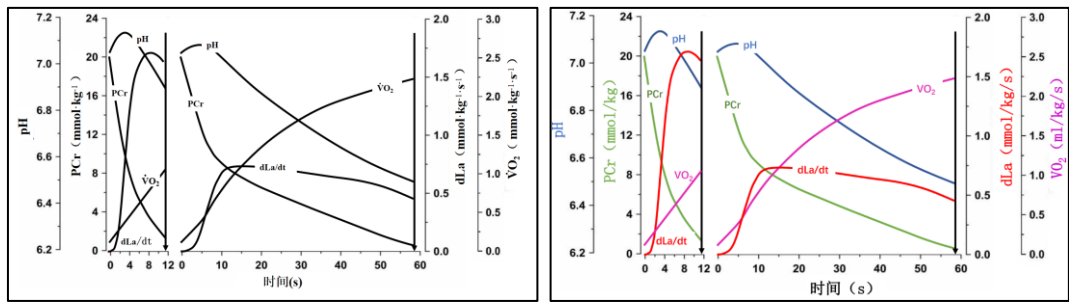


图 6 10 s 或 60 s 高强度运动过程中能量代谢模拟(Heck et al., 2003)

### 3 方法与负荷——短跑训练之关键

如果说神经-肌肉用力模式和能量代谢特征是短跑训练 2 个重要生物学基础的话，那么短跑的训练实践就应该以此为依据做出回应和应变，这些回应和应变首先应发生在训练的方法和负荷方面。方法和负荷是运动训练设计与实施的 2 个重要内容。方法是运动训练的基本形式，是所有训练刺激的载体，负荷是施加于人体生理和心理刺激的总和，不同运动能力需要运用不同的负荷量和强度进行有针对性的训练，它决定了运动能力的发展。

训练方法在运动形式上可以确定训练的“靶目标”，对于 100 m 短跑这一时间短、速度快和对运动技术具有极高要求的项目，改善和增强专项肌肉用力模式是训练方案需要解决的首要问题。Mann 等(2008)长期运用现场诊断方法助力高水平短跑运动员的训练，运用运动学模型对运动员跑步技术进行现场诊断、评估和改进，其实质就是从专项技术和运动员个体特征 2 个方面反复对跑步的用力模式进行优化，使其不断接近专项和个体的理想目标模型。当然，“用力模式”的优化并不能只通过场地专项训练解决，而需要各个训练要素的协作与配合。因此，体能是优秀短跑运动员的训练重点，力量和爆发力训练是世界

精英短跑运动员训练计划安排的关键部分，训练方式包括从一般性的深蹲、抓举、挺举、高翻练习到基于专项动作模式下的箭步蹲、分腿蹲、单腿硬拉等。如何将一般身体能力与专项紧密结合，如何发展专项所需要的体能，从能力发展的角度改进和完善短跑的用力模式是训练方案需要解决的另一个主要问题。

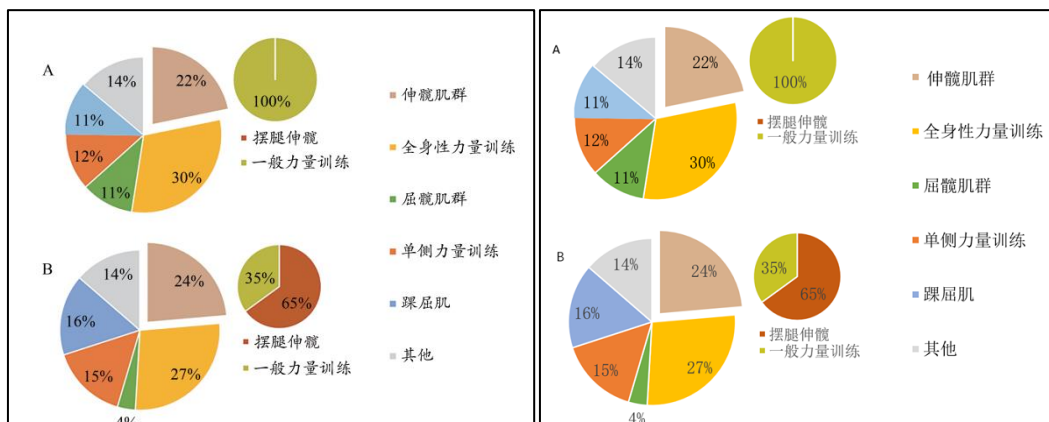


图 7 我国优秀短跑运动员东京奥运周期一般准备期(A)和专项准备期(B) 6周力量训练安排

我国优秀短跑运动员东京奥运周期一般准备期和专项准备期 6 周的力量训练安排如图 7 所示。从刺激部位上可以将训练分为 6 类，不仅覆盖了短跑的主要肌群，而且突出了对短跑驱动力具有关键作用的髋伸肌群和踝屈肌群的训练，即加强对用力模式相关主要肌群的针对性训练。可以看出，无论是一般准备期还是专项准备期，该训练安排都将全身性力量训练作为基本内容，以确保力量素质的全面发展。同时，不仅在一般准备期就将短跑主要肌群作为重要训练内容，而且专项准备期的力量训练侧重点明显向伸髋肌群和踝屈肌群转移。图 7 右侧饼图将针对伸髋肌群的力量训练分为一般性力量训练(如山羊挺身、臀桥等)和符合专项动作模式的力量训练(摆腿伸髋练习)，可以看出专项准备期大幅度增加摆腿伸髋练习的比重，进一步突出力量训练的专项性。同时，快速伸缩复合训练，即反应力量训练同样是力量和爆发力训练的重要内容，通过不同形式的高强度(触地时间<100 ms)跳跃练习(单腿、双腿、连续跳等)，提升腿部反应力量水平，进而提升专项的腿部制动刚度和推动力。

负荷是运动训练的核心，是解决专项能力和提升运动表现水平最重要的因素，近 10 年世界短跑整体水平的大幅度提升与训练负荷的科学设计和实施具

有重要关系。首先,在大量生物学研究的支撑和推动下,人们不仅关注具体训练手段和方法的创新,而且将注意力聚焦到训练负荷的安排,将100 m短跑突出的神经-肌肉动员和募集特征及其相应能量代谢过程作为一种能力融入长期训练,从负荷安排的视角进行系统训练与培养;同时,在纵向上考虑不同年龄和水平运动员的特点,在横向上兼顾多种素质与能力之间的匹配关系。其次,在整体安排上,高度重视训练负荷的强度、疲劳、恢复及它们之间的关系。在理念上,科学认识训练疲劳与恢复的关系,从能量代谢角度区别不同距离和时间的力竭性运动的专项特点,更加强调对运动员机体的动员和募集能力的训练,不以身体的疲劳程度作为衡量和评价训练质量的唯一标准,降低甚至避免机体长时间的疲劳积累。在训练上,进一步明确以短距离、高强度和适宜间歇的训练负荷原则,突出爆发力、速度以及速度保持的训练,同时注意最大力量和有氧能力等重要基础能力与专项能力之间的关系及其协调发展。

Haugen 等(2019b)基于短跑的理论 and 实践成果总结了世界短跑精英选手训练方法(表 3),以决定运动员运动表现的各种专项能力为出发点,对跑动距离、负荷强度、间歇时间和每节课训练量等训练要素进行量化,以期规范和指导训练负荷的设计与实施。尽管该研究更多的是从方法学角度归纳短跑训练的设计,但在内容上反映出明显的生物学特点,如各种能力的训练参考了 ATP-PCr 和无氧糖酵解的供能比例、时间、速度和恢复时间。同时,该研究还针对具体的训练课负荷量及训练后恢复时间提出了建议,强调了刺激与恢复在短跑训练中的关系。

表 3 短跑训练方法的实践总结(Haugen et al., 2019b)

| 训练内容   | 距离<br>/m           | 强度<br>/%           | 恢复时间<br>/min | 课训练量<br>/m          | 起跑方式        | 课间隔时间<br>/h | 跑鞋和场地要求 |
|--------|--------------------|--------------------|--------------|---------------------|-------------|-------------|---------|
| 加速     | 10~50              | >98                | 2~7          | 100~300             | 起跑器/3点式/蹲踞式 | 48          | 钉鞋, 田径场 |
| 最大速度   | 10~30 <sup>a</sup> | >98                | 4~15         | 50~150 <sup>a</sup> | 20~40 m 加速跑 | 48~72       | 钉鞋, 田径场 |
| 短跑专项耐力 | 80~150             | >95                | 8~30         | 300~900             | 站立式起跑       | 48~72       | 钉鞋, 田径场 |
| 速度耐力   | 60~80              | 90~95              | 2~4(8~15)    | 600~2 000           | 站立式起跑       | 48~72       | 钉鞋, 田径场 |
| 阻力跑    | 10~30              | 80~95 <sup>b</sup> | 3~6          | 50~200              | 3点式/蹲踞式     | 48          | 自选      |
| 助力跑    | 10~30 <sup>a</sup> | ≤105               | 5~15         | ≤100 <sup>a</sup>   | 20~40 m 加速跑 | 48          | 钉鞋, 田径场 |
| 节奏跑    | 100~300            | 60~70              | 1~3          | 1 000~2 000         | 站立式         | 24          | 运动鞋, 草地 |

注:强度为最大速度百分比;速度耐力恢复时间:次间歇时间(组间歇时间);a表示途中跑距离,不包括加速距离;b表示主观用力程度最大,速度(强度)低是由阻力负荷引起的。

需要注意的是,从训练负荷而不是仅从方法的角度对训练进行研究是世界短跑发展的一个重要趋势。运动能力的提高是一个长期训练和机体适应的过程,

是各种负荷刺激叠加和疲劳恢复交互作用的结果。从负荷的角度对短跑训练进行设计,可以更加广泛和全面地考量各种不同因素对训练的影响,其中最为重要的是可以将能量物质的储备、动员速率和可训练度等作为训练的依据,提高训练的针对性和实效性。另一方面,对训练负荷的关注不仅体现在以往的训练课的负荷层面上,还应高度重视中、长期的训练负荷安排,将短跑重要能力的训练贯穿于整个训练过程,运用多种检测方法监控不同能力的发展,尤其是从能量代谢的角度检测和评估不同供能系统的变化,科学控制训练负荷。

#### 4 启示与建议——我国短跑训练之见

随着世界短跑运动水平的快速提升,近年来已有许多研究从不同角度对短跑训练进行分析和探讨(姜自立等, 2019; 苏炳添等, 2019; Hargreaves et al., 2020)。这些研究的共同点在于,从跑的专项技术模式和能量代谢视角探究短跑专项特征和揭示训练规律,在此基础上发现训练存在的问题,通过改进、调控训练方法和负荷提高训练的针对性与实效性。

然而,虽然我国短跑运动水平呈现快速发展之势,在重大比赛中取得优异成绩并涌现出一批优秀运动员,但在整体上仍与世界存在一定差距,尤其是在生物学基础研究和训练方法创新方面存在明显不足,在技术特征、供能方式等一些关键问题的认识和训练上仍存在不清晰、不确定甚至错误的现象。我国短跑运动水平的提升基本集中在 100 m 项目和国家队层面,同属短跑的 200 m 和 400 m 项目仍大幅度落后世界水平。因此,必须从理论和实践 2 个方面全面分析短跑训练,特别是要从运动生物学的层面深入探究,而不是仅仅从训练方法论的角度吸纳和借鉴国际已有研究成果,在反思现有训练理念、负荷安排与方法的基础上进行创新,构建符合我国运动员的短跑训练体系。

1)全面了解和深入分析世界短跑训练的发展、现状及趋势,从多渠道、多层面梳理、分析及总结短跑的生物学基础研究和训练实践研究成果。须认识到,及时了解和掌握先进的研究成果尤其是重大关键理论和方法对训练具有方向性和整体性影响,对项目的持续发展具有重要作用。

2)科学探索和认识专项特征,从源头把握训练规律和方向。用力模式和供能特征是短跑训练的 2 个重要生物学基础,分别从生物力学和能量代谢方面认识专项和支撑训练。用力模式是对短跑驱动力的诠释,是短跑专项技术训练

和专项体能训练的靶目标；供能特征是短跑训练负荷制定与实施的基础，是能力训练和方法选择的重要依据。

3)近年我国短跑训练理念的转变和运动水平的快速提升与专项特征的深入认识和科学解读密切相关。用力模式改变并推动了专项技术训练及与之相关的力量训练方法和要求，提高了训练效率和针对性。对专项能量代谢特征的清晰认识奠定了训练的基础，揭示了我国运动员长期存在又难以解决的“后程降速”问题的生物学原因，促进了训练思路的改变，以及新型训练方法的应用和训练负荷的高效合理配置，在保持甚至提升前程速度优势的情况下，有效遏制和解决后程降速问题。

4)加强基础性研究是我国短跑未来发展的一项重要任务。必须认识到短跑是一项受先天遗传因素影响高，后天训练可塑性低的项目，中国短跑尽管取得了巨大进步，但无论在个体成绩还是在群体实力上与世界仍存在很大差距，要缩短差距不能只依靠“外援”，而必须进行自主知识产权研究，特别是运动生物学下的基础性研究，从根本上提高我国短跑运动员的运动水平和国际竞争力。

5)不断对我国短跑训练实践进行总结和探索，形成具有中国特色的短跑科学化训练体系。运动训练的科学化是提升竞技成绩的根本原因，理论与实践的发展在局部上往往并不具有线性关系，理论研究出色的国家可能并不能培养出优秀的短跑运动员，杰出的学者也许并不是优秀的教练员，理论与实践一直存在“隔阂”。因此，必须遵从运动训练的规律，同时从理论研究和实际训练两方面对短跑进行深入研究。对我国短跑当前的训练进行系统梳理与分析，基于技术训练、负荷安排、方法选择等方面的数据对苏炳添、谢振业等现役优秀运动员的训练进行跟踪分析，采集客观、有效的数据形成数据库并从中探寻规律，最终构建符合中国实际的短跑训练体系。

6)未解和有争议问题应成为我国短跑研究的重点。纵观世界短跑研究，仍存在许多尚未解决或有争议的问题，有些是由于实验设备、方法限制或计算模型尚不能满足研究的需求(如100m的专项能量代谢问题)，有些是由于实验设计和测量尚不能与专项相匹配(如优秀运动员的测量问题)，当然也存在已有研究成果制约和固化人们认识的现象。提出并关注这些问题应成为我国短跑目前和未来研究的主要方向，这些问题的解决不仅可以快速提升我国短跑理论研究

的水平，而且对训练实践具有重要指导意义。

## 5 结语

科学化训练是世界竞技体育强劲发展的动力。世界短跑的发展，尤其是中国在 100 m 短跑项目上的强势崛起均离不开科学的引领和助力。在备战 2024 年巴黎奥运会过程中，我国短跑项目又将面临艰巨挑战，科学研究和科学化训练必将再次成为中国短跑再续辉煌的利器。

# 朱亚明备战东京奥运会科技助力经验探索

中国田径协会 Moura Nalio, 韩鹏鹏等

三级跳远是田径中的一个项目，其目标是在助跑之后三跳覆盖尽可能多的水平距离。它是从离沙坑最近的起跳板边缘到沙坑里留下的最近标记处测量的，第一次起跳时在测量线之后发生的任何接触都表示失败。前两跳用同一条腿进行，最后一跳用另一条腿进行。三次跳跃分别称为单足跳、跨步跳和跳跃。

一个研究小组此前报道，在巴西三级跳远运动员中，跳跃长度与助跑速度显著相关( $r=0.58$ ,  $p<0.02$ )。虽然显著，但这种关联比跳远弱，这表明三级跳远比跳远存在更多的决定因素。

峰值垂直地面反作用力 (GRF) 在单足跳着地时高达体重的 22.3 倍，并且触地时间很短。因此，运动员必须在短暂的触地期间产生并控制较大的离心收缩。为此目的，可以使用不同的训练方法，包括自由重量的阻力训练和增强式训练。

技术训练也会影响运动员三级跳远产生力量的能力。已经讨论了三级跳远技术的几个方面，最相关的是三跳比例、主动着地、踏板精度和手臂动作。

人体测量学和身体成分对于精英运动员的监测和管理也很重要，以优化竞技表现并避免健康问题。身高较高的跳远运动员在起跳时以尽可能高的重心开

始跳跃，具有人体测量优势。在三级跳远中，这个动作重复了3次，而人体测量学指标在这个项目中可能更为重要。此外，在以往的研究表明，跳跃运动员的体脂率较低，与短跑运动员和长跑运动员相当。

参加奥运会或在奥运会上获得奖牌代表着体育事业的巅峰。由于奥运会每4年一届，运动员在这种环境下参赛的机会有限，从而增加了参赛压力。奥运会成功的一个障碍是重大比赛中发挥的不一致和不可预测性，由于心理障碍造成的不可预测的技术变形。为了帮助运动员克服这些障碍，使用了心理技能技巧，例如想象、集中注意力、放松和自我对话。此外，运动员的跳跃技术越稳定，就越有可能区分适当的刺激并将注意力集中引导在获得突出表现上。总之，心理技能的训练应该与其他方面(即技术、战术和身体)的发展联系起来，要基于个人的特点和训练阶段。因此，训练过程的组织变得越来越重要，将简要探讨其三个方面。

·周期化：可以使用不同的周期化模型来设计训练计划，正如 Mujika 所说，“诱导最佳的训练适应，并在赛季的关键时刻最大化表现。”两极化的训练理念，被耐力运动员广泛使用，也被短跑运动员使用，可以应用于跳跃运动员的训练。

·减量：Mujika 和 Padilla 将赛前减量定义为“在可变时间段内逐渐非线性地减少训练负荷，以试图减少日常训练的生理和心理压力并优化运动表现。”成功的奥运教练采用与研究一致的减量策略，从而减少训练量，但保持其强度和频率。

·激活后增强：激活后增强 (PAP) 是一种生理现象，通过在主要活动之前进行体能练习，导致神经肌肉发生变化，从而有助于提高所需力量、爆发力或速度练习的表现。体能训练后表现改善背后的机制存在争议，并提出了术语“激活后增强”(“PAPE”)。这种现象已在设计力量和爆发力训练计划时进行了探索，以促进竞技跳跃表现。赛前 24-48 小时的启动训练似乎也有助于最大功率的表达。

由于 2019 年新冠疫情(COVID-19) 的蔓延，东京奥运会推迟到 2021 年，这表明在训练方面存在全球不平等。从 2020 年 3 月到东京奥运会，中国运动员没有与外国对手比赛，影响了他们的备战。在此期间，大部分国外工作人员



都被禁止进入中国。远程指导和咨询被广泛使用减少这种距离的负面后果。

直到 2016 年里约奥运会，共有四名中国三级跳远运动员进入奥运会决赛前八。在东京，两名选手进入决赛，我们研究的运动员将个人最好成绩 (PB) 提高了 17 厘米，并获得了奥运会银牌，这是中国三级跳远运动员在有史以来奥运会上的最好成绩。

### 一、朱亚明的基本情况

分析精英级三级跳远运动员备赛过程中积累的数据，有助于讨论训练优化机制，为其他运动员的发展提供理论基础。因此，本研究的目的是回顾一名中国三级跳远运动员在东京奥运会上获得银牌的备赛过程中选定的关键因素。

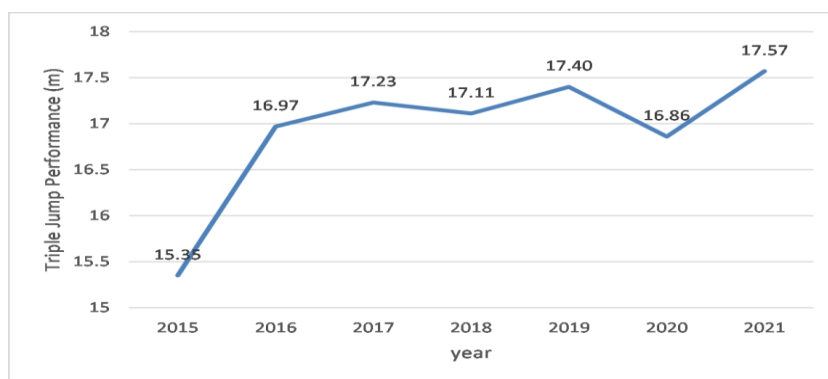


图 1 朱亚明的三级跳远成绩趋势(室外赛季最好成绩)。

中国男子三级跳远运动员朱亚明是 2021 年东京奥运会 2020 年奥运会银牌得主。身高 1.92 米;体重:79.55 ± 0.21 kg;身体质量指数(BMI):21.58 kg/m<sup>2</sup>。有 7 年田径运动专业队的经历。朱亚明的成绩趋势如图 1 所示，于 2019 年 7 月加入团队。

### 二、研究设计

该案例研究采用回顾性纵向观察设计，正如 Barbosa 等人使用的那样。于 2019 年 7 月至 2021 年 8 月进行。监测训练负荷、比赛表现、助跑速度、跳跃测试、高翻、深蹲和技术相关参数。选择了一些练习来评估三级跳远备赛的关键方面。它们被安排到定期的课程培训中；因此，测试从未中断正常的训练程序。

#### 训练负荷和跳跃测试

使用运动员监测系统记录计划训练负荷 (TL) 和跳跃测试结果，运动员监

测系统(加拿大)。TL 定义为训练课的持续时间(分钟) $\times$ 感知疲劳感。立定跳远(SLJ)、立定五连跳(SQJ)和助跑五连跳(RQJ)是监测的跳跃测试。为了进行SLJ,运动员双脚平行站立在沙坑边缘,尽可能向远的跳跃,然后双脚着地。距离是从起跳点到沙坑上最近的落点进行测量的,用于估计神经肌肉的准备情况。在一周的第一节课上,热身之后,运动员立即进行了3次SLJ。记录了最好的结果。Graham-Smith & Brice 强调需要使用针对三级跳远的测试,并将SQJ包含在运动员的训练安排中,朱亚明也经常使用这个练习。从双脚平行的姿势开始,运动员进行了5次跳跃,交替进行腿部支撑,然后双脚着地(图2)。RQJ类似,但允许6到8步助跑,然后是一个单足跳、跨步跳和最后跳入沙坑。



图 2 基于 Aoki 等人的立定五级跳。

### 力量和功率

高翻是训练内容的一部分。一些课次以最大的尝试结束,并记录了这些结果。另一项练习,即蹲跳,使用两种基于速度的训练设备进行监测:Vmaxpro(德国马),一种惯性运动单元(IMU),或Gymaware(澳大利亚),一种线性位置传感器(LPT)。为了完成蹲跳,肩上放一个杠铃,运动员做一个反向跳动作,蹲到认为可以让运动员跳得尽可能高的深度。目标是产生1.0-1.10 m/s 或1.25-1.35 m/s 范围内的杠铃杆平均速度,具体取决于所处的训练阶段,并报告和分析了这些数据。

### 速度

跑动速度的数据是在训练和比赛中获得的。在训练中,使用光电计时(Swift Timing System, Australia)监测10 kg雪橇(RSS)和20 kg雪橇(RSS)的30米阻力冲刺。助跑速度在训练和国内比赛中使用相同的设备以两个5米的分段测量:起跳板前11-6米和6-1米。在国际比赛中,助跑速度由主办方使用的激光枪测量,并在官方比赛报告中公布。

## **教练报告**

分析了提交给中国田径协会(CAA)的教练报告。以及教练员提供的整体训练计划和技术方面的信息。

## **比赛报告**

如果可以获得，分析了由世界田径或 CAA 提供的比赛报告。

## **技术分析**

**助跑的准确性：**研究了在踏板上损失的距离、有效助跑的百分比、趾板误差和步长调整的百分比分布 (ADJ%)。

**三跳比例：**三跳比例是三级跳中努力分布的衡量标准，用于对技术类型进行分类，如 Hay 所述：“(a)以单足跳为主，其中单足跳百分比至少比下一个较长阶段高出 2%；(b)跳跃为主，其中跳跃百分比至少比下一个较长阶段高出 2%；(c)平衡技术，其中两个较长相位百分比之间的差异小于 2%。

全国比赛的数据由 CAA 科研团队整理并提供给教练。国际比赛的数据由组织者提供。

**定性技术分析：**使用 Dartfish 10 (Dartfish, Switzerland)，根据 Hutt 模型进行分析。

**定量技术分析：**在比赛阶段，三台摄像机固定拍摄起跳阶段，一台摄像机扫描平移拍摄助跑阶段并以 100 Hz 的频率运行。所有摄像机都放置在运动员的矢状面上，并在跑道两侧以 1 米的间隔设置了参考标记。使用 Ariel 运动分析系统 (Ariel Dynamics, USA)。视频分析工具 Kinovea 用于测量助跑最后 6 步的长度和三跳距离。

## **访谈**

对运动员及其教练进行了采访，更好地解备战 2020 年东京奥运会的过程。

## **生化监测**

从 2020 年 10 月到 2021 年 5 月，该运动员接受了 10 次血液检查，以监测红细胞计数和血红蛋白、血尿素氮 (BUN)、肌酸激酶 (CK)、皮质醇和睾酮水平。

## **统计分析**

当反复观察时，用它们的平均值和标准差来描述。时间由绝对数据和百分

比变化表示。通过计算 Cohen 的标准差以证明差异的效应大小。

### 三、结果

#### 比赛结果

东京奥运会上,朱亚明在比赛中两次提升了自己的 PB。在第二次试跳时,他以 17.41 m 的距离暂时获得了银牌的位置。在跌至第五位后,他在第五次试跳时以 17.57 m,从而重新登上领奖台。与他在 2019 年取得的之前的 PB 相比,这一表现提高了 0.98%。

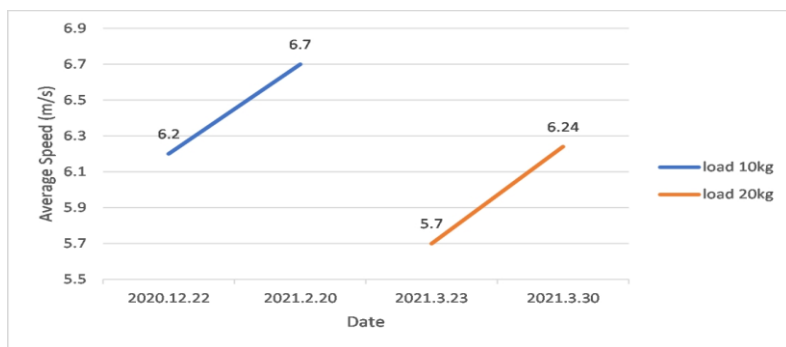


图 3 2020-2021 赛季准备阶段 10kg 和 20kg 的 30m 雪橇阻力冲刺平均速度

**训练:** 监控在特殊准备阶段进行的雪橇阻力冲刺训练。在监测的训练课中, RSS-10 的性能提高了 8.06%, 而 RSS-20 的性能提高了 9.47%, 这表明产生水平力的能力有所增强(图 3)。最后一次 RSS-20 的平均速度与第一次 RSS-10 相同, 这也表明产生力的能力取得了进展。

**比赛:** 三次比赛的助跑速度和东京奥运会决赛的两次最佳试跳见表 1。

表 1 比赛中的助跑速度

| 日期              | 比赛   | 试跳 | 官方距离(米) | 实际距离(m) | 助跑速度(m/s) |        |
|-----------------|------|----|---------|---------|-----------|--------|
|                 |      |    |         |         | 11- 6m    | 6 -1 m |
| 2021 年 3 月 13 日 | 预备 I | 2  | 17.32   | 17.41   | 10.06     | 10.25  |
| 2021 年 4 月 28 日 | 预备二  | 3  | 16.84   | 16.94   | 10.12     | 10.22  |
| 2021 年 6 月 11 日 | 预备三  | 6  | 17.39   | 17.41   | 10.42     | 10.42  |
| 2021 年 8 月 5 日  | 奥运会  | 2  | 17.41   | 17.52   | -         | 11.00  |
| 2021 年 8 月 5 日  | 奥运会  | 5  | 17.57   | 17.58   | -         | 10.61  |

#### 力量和功率

**高翻:** 朱亚明的 PB 从 2019 年的 120Kg 提高到 2020 年的 135 Kg(+12.5%), 然后保持了整个 2021 赛季的水平。

蹲跳：2019 年 7 月至 2020 年 3 月以及东京奥运会前夕，由 IMU 实施监测，当时外教亲自执教运动员。从 2020 年 12 月到 2021 年 7 月，使用 LPT 进行了监测。尽管在这两种情况下，这种监测对于调整训练课负荷重量很有用，但数据之间没有可比性。值得一提的是，从 2019 年 7 月(1.1 m/s 和 970 W)到奥运会前一天的启动阶段(1.34 m/s 和 1154 W)。

立定跳远：图 4 显示了从 2020 年 11 月到 2021 年 7 月的每个月的平均结果。SLJ 从  $3.13 \pm 0.02$  m 提高到  $3.25 \pm 0.01$  m(即 3.83%； $d=7.59$ )。整个期间取得的最好成绩是 3.28 m。

立定五级跳：图 5 显示了 2019 至 2021 历年的平均结果，从  $17.60 \pm 0.25$  m 提高到  $18.12 \pm 0.24$  m(即 2.95%； $d=2.12$ )。整个期间取得的最好成绩是 18.52 m。

助跑五级跳：这个动作要求很高，不经常练习。2019 年 7 月以来的最好成绩是 25.22 米，与奥运会前上个月的成绩(25.02 米)相近。

三跳比例的变化：直到 2019 年，朱亚明 都采用了以单足跳为主的策略，如 2019 年亚锦赛所示。在他的教练于 2020 年 5 月向 CAA 提交的一份报告中，提出了一种平衡的技术。朱亚明 通过这种改变取得了成功，并在东京使用了这种技术(表 2)。

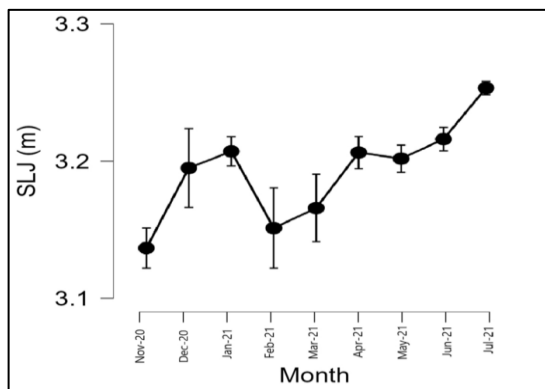


图 4 2020-2021 赛季的每月立定跳远平均结果。

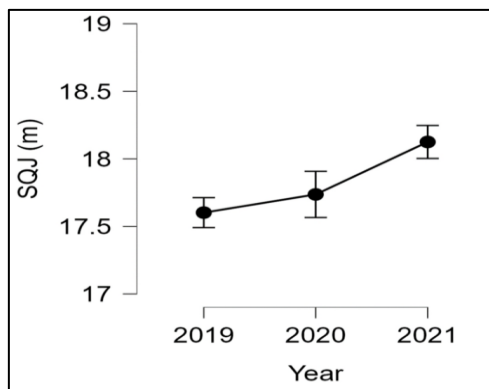


图 5 2019 年至 2021 年立定五级跳的平均结果。

## 技术

手臂动作的变化：直到 2019 年，朱亚明在单足跳起跳时使用单臂动作，在其他两个阶段使用双臂动作(图 6)。



图 6. 朱亚明在 2019 年的比赛，在单足跳起跳时使用单臂动作。

加入国家队后，朱亚明将他的技术改为在单足跳的双臂动作，并在东京使用了这项新技术(图 7)。



图 7 朱亚明在 2020 年东京奥运会上的上，在单足跳阶段使用双臂动作。

表 2 2019 年亚锦赛的三跳距离(m)和相位比(%)、朱亚明教练在 2020 年提出的变化以及在东京奥运会上实现的变化

|            | 2019 年亚洲锦标赛  | 距离和比例, 于 2020 年 5 月提出 | 2020 年东京奥运会  |
|------------|--------------|-----------------------|--------------|
| 单足跳, m (%) | 6.39 (37.81) | 6.25 (35.5)           | 6.09 (34.63) |
| 跨步跳, m (%) | 4.57 (27.04) | 5.19 (29.5)           | 5.21 (29.64) |
| 跳跃, m (%)  | 5.94 (35.15) | 6.16 (35.0)           | 6.28 (35.73) |
| 实际距离, m    | 16.90        | 17.60                 | 17.58        |
| 官方距离, m    | 16.78        | 17.60                 | 17.57        |

助跑准确度: 2019 年亚锦赛, 朱亚明的 3 次最佳试跑在起跳板的平均损失为  $0.15 \text{ m} \pm 0.03 \text{ m}$ , 比 McNab 建议的损失更差, 他表示在起跳板的损失不应超过  $0.08 \text{ m}$ 。在 2021 年的比赛中, 五次最佳试跳的距离损失下降到  $0.06 \pm 0.04 \text{ m}$ , 这与 2020 年东京奥运会决赛中的三次最佳试跳几乎相同(图 8)。

正如预期的那样, 在朱亚明的最后六步中, 2021 年的比赛期间的变化率有所下降(图 9)。最大误差为  $0.25 \text{ m}$ 。步长 (ADJ%) 的最大调整发生在倒数第二步 (26.21%)。最后两步的平均长度为  $2.49 \pm 0.06 \text{ m}$  和  $2.38 \pm 0.12 \text{ m}$ 。

主动着地: 为了最大限度地减少起跳时脚着地时的制动效果, 运动员尽可能快地将脚相对于质心向后移动, 这一动作称为“主动着地”。在 2020 年 9 月的一场国内比赛中, 分析了这个动作。他的脚相对于质心的平均水平速度在起跳板为  $-7.41 \pm -0.41 \text{ m/s}$ , 从单足跳落地为  $-7.27 \pm 1.15 \text{ m/s}$ , 从跨步跳落地为-

6.20 ± 0.01 m/s 。

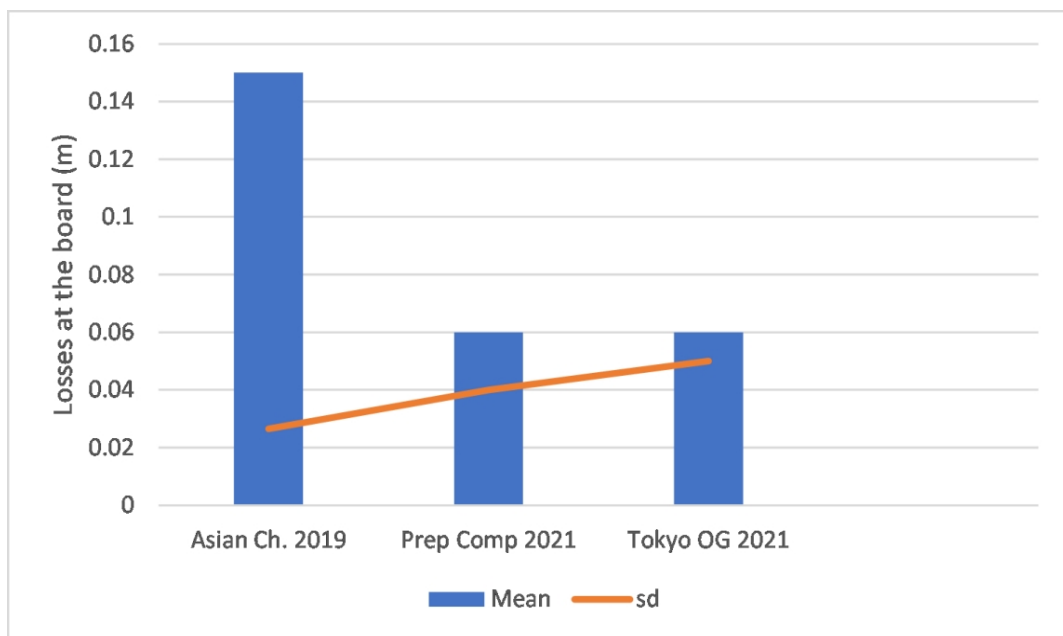


图 8 朱亚明 的 3 个备战时期在起跳板上损失的距离：  
多哈亚锦赛(2019 年)、选拔赛(2021 年)和东京奥运会(2021 年)。

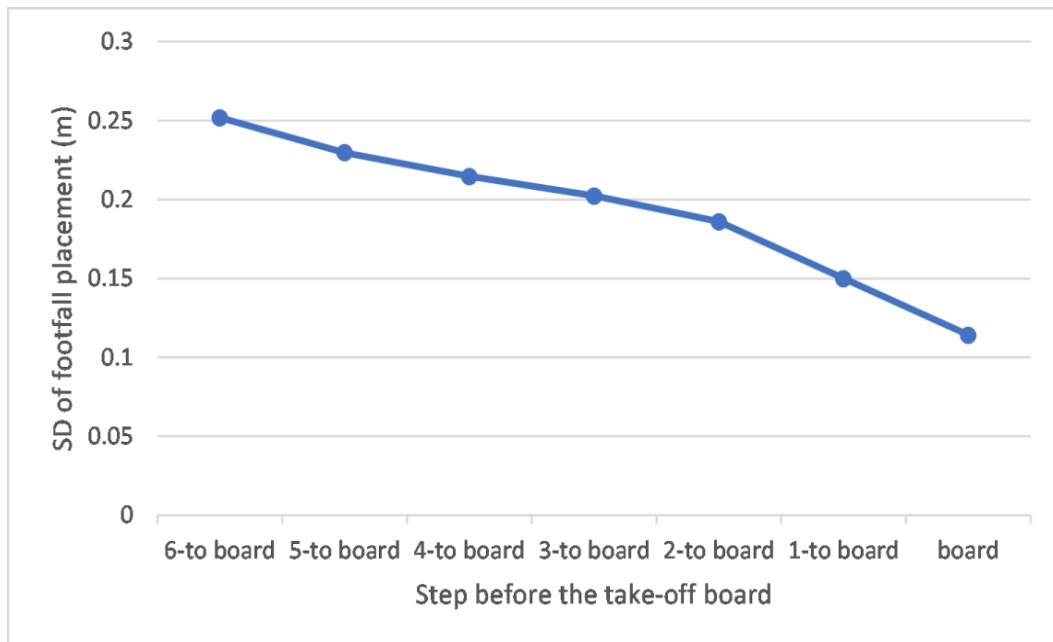


图 9 朱亚明在 2021 年比赛期间最后 6 步的变化。

## 心理准备

朱亚明完成了正式和非正式的心理训练。2020年上半年，目标设定和想象力由国外运动心理学家远程指导。“放松听音乐，沉着去比赛”被朱亚明报道为奥运会备战的又一心理策略。

## 训练组织

周期计划的概念之前已经讨论过，并且优先使用短周期。在大多数情况下，使用3周的中周期，不超过两个中周期完成一个训练阶段或周期。在奥运会之前，包括奥运会。四个星期的一般训练之后是特殊或专项训练为主的阶段。通常的负荷动态是2:1(困难-中等-简单)，但这种动态是灵活的，如果日常监控表明需要，可以更改。图10显示了训练周期及其持续时间、不同训练期的目标、比赛日期和训练营等信息的年度分期，这些信息提供了运动员所遵循的训练过程组织的概述。

减量：计划在奥运会前进行为期两周的减量。每周训练频率维持或减少一节，每节课的持续时间和训练量较低，但始终保持较高的强度。总体而言，TL相对于整个赛季下降了28%，相对于最艰难的一周下降了50%(图11)。

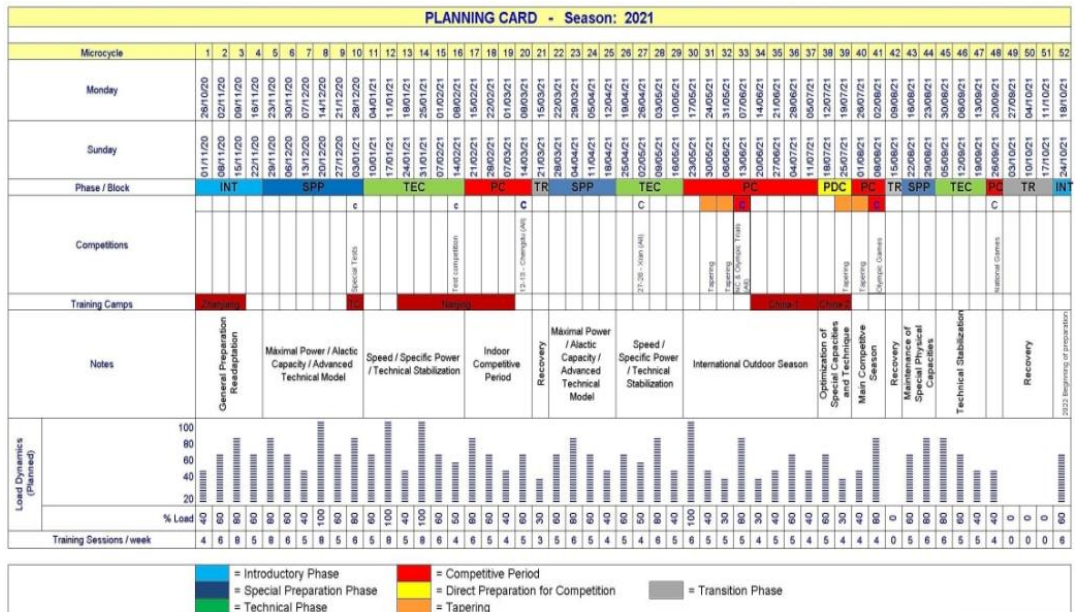


图 10 备战东京奥运会训练周期划分。



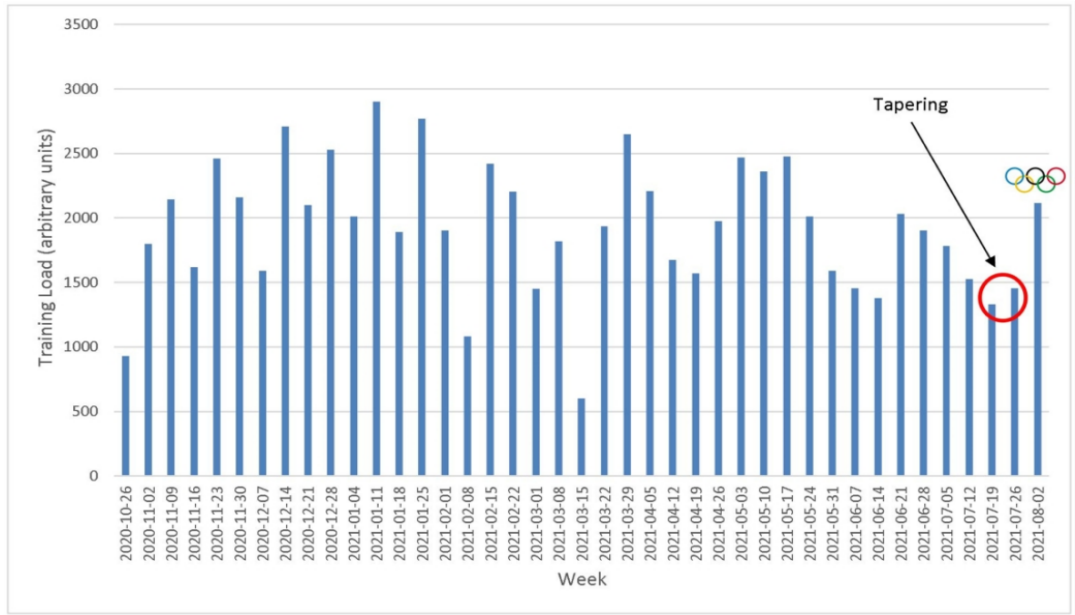


图 11 计划的每周训练负荷。

PAPE: PAPE 策略和启动课程被用于奥运会的准备工作。PAPE 用于冲刺训练，交替进行有阻力和无阻力短跑，以及在力量训练中，交替进行负重练习和增强式训练。在主要比赛开始前 24 小时完成了由 3 或 4 组 4 次重复蹲跳组成的启动课程。在比赛中也使用了 PAPE，包括每次试跳前大约 3 分钟的 3 次双腿最大垂直跳跃。

### 生化监测

表 2 为朱亚明 2020-2021 赛季血液测试结果。

表 2 2020-2021 赛季血液测试结果。

|           | RBC<br>( $\times 10^{12}/L$ ) | HGB(g/L)          | BUN(mmol/L)     | CK(U/L)             | C( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) | T((ng/dL))         |
|-----------|-------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
| 平均值 $\pm$ |                               |                   |                 |                     |                              |                    |
| 标准差       | 5.47 $\pm$ 0.17               | 162.70 $\pm$ 6.60 | 6.65 $\pm$ 0.95 | 617.70 $\pm$ 343.14 | 12.34 $\pm$ 3.28             | 586.87 $\pm$ 94.04 |
| 最大        | 5.72                          | 175.00            | 8.10            | 1349.00             | 18.84                        | 791.70             |
| 最小        | 5.25                          | 155.00            | 5.40            | 225.00              | 8.03                         | 496.38             |
| 男性参考值     | 4.4–5.7                       | 130–170           | 1.7–8.3         | <300                | 5–28                         | 241–827            |

注：RBC = 红细胞； HGB = 血红蛋白； BUN = 血尿素氮； CK = 肌酸激酶； C = 皮质醇； T = 睾酮。注意：运动员接受了 10 次血液测试。

## 四、讨论

### 比赛结果

本案例研究的目的是展示如何应用循证知识来改善可能有助于优秀三级

跳远运动员在 2020 年东京奥运会上获得三级跳远银牌。在奥运会等比赛中，表现的微小变化(通常在科学研究中被认为是无关紧要的)可能会导致登上领奖台甚至不能进入决赛。教练和运动科学家应该关注优秀田径运动员的低至 0.9%-1.5% 的提升，这是该类运动员表现中最有价值的变化。能够在主要比赛中表现出这种进步是成功跳跃运动员的理想特点。然而，在世界锦标赛和奥运会的跳跃项目中，PB 或赛季最佳表现并不常见。在东京，32 名三级跳远运动员中只有 25% 达到了他们本赛季的最佳水平。这个因素使朱亚明的表现更有意义。

### 速度

训练：加速取决于施加水平力的技术能力。RSS 是提高这种能力的有效工具之一，朱亚明的训练安排中使用了 30 米雪橇冲刺(10 Kg 3-4 次重复；12.57% BM 或 20 Kg 3-4 次重复；25.14% BM)。在三级跳远中，施加水平力的能力也很重要。

比赛：由于测量方法不同，东京报告的助跑速度不能直接与热身赛中获得的参考值进行比较。但是，这些值要高得多，以至于我们可以假设助跑速度增加了，并且这将是影响最终表现的因素之一。在东京奥运会期间，朱亚明是跑道上跑得最快的人之一，甚至比奥运冠军还要快。获得的助跑速度接近三级跳远超过 18 米所需的速度。

### 力量和功率

大多数杠铃练习的训练都是使用基于速度的训练(VBT)原则来完成的。除了高翻外，没有进行最大程度的提升。

高翻：举重练习和衍生练习通常用于优秀运动员的力量训练。高翻产生的力量发展速度(17,254 N/s)远高于蹲跳(3,517 N/s)。奥林匹克举重刺激神经肌肉适应，这可能会提高运动表现，但它们在运动学上与垂直跳跃不相似，更不用说水平跳跃了。高翻随后被用来提高爆发力，作为发展反应强度的基础。朱亚明在高翻时的 PB(135 Kg)代表了体重的 169.7%，这与优秀的三级跳远运动员应该能够举起相当于体重 170% 的负荷的建议不谋而合。因此，尽管有足够的提高的可能性，但目前来看不需要继续改进，因为认为已经达到了最佳水平。

蹲跳：IMU 实用且便宜，但速度比 LPT 慢，与 3D 动作捕捉相比更准

确。因此，使用这些设备收集的数据无法一起分析。在某些训练阶段，平均速度接近 1.0 m/s 的规定是基于 Loturco 等人的发现，他们确定在大约 1.0 m/s 的速度下可以在蹲跳中产生最大功率。这个平均速度也代表了速度/力量训练区的下限。后来，规定的速度改为同一训练区的上端(1.3 m/s)。需要更多的研究来确定这种杆速度的变化是否有利于跳跃，或者在整个期间保持产生最大力量的速度是否更合适，正如已经为足球运动员所证明的那样。

**立定跳远：**SLJ 的最佳成绩是“高于平均水平”(优秀三级跳远运动员的平均水平)。尽管 SLJ 与比赛表现没有很强的关系，但它在监测神经肌肉准备情况方面很有用。反向纵跳是监测年轻运动员的敏感工具，和 SLJ 似乎有类似的行为。

**立定五级跳：**在立定五级跳中取得的距离与短跑和跳跃项目的表现有很强的关系。朱亚明的成绩是有史以来最好的成绩之一，可以作为其他世界级三级跳远运动员的参考。

**助跑五级跳：**RQJ 是一项特殊的运动，类似于三级跳远本身，要求很高。它可以用来监测运动员的专项准备程度。与立定五级跳一样，朱亚明提供的结果是有史以来报告的最高成绩之一，并作为世界级运动员的参考标准。

## 技术

**手臂动作的变化：**学者 Allen、King 和 Yeadon 提出在单足跳起跳时从单臂动作到双臂动作的积极变化。朱亚明从单足跳到跨步跳的过渡逐渐顺畅和有效。然而，在助跑的最后阶段出现了干扰，并且需要一些时间才能有效地巩固这种变化。他的教练仍然认为这是一项正在进行的工作。由于肩关节产生的能量，手臂动作有助于不同类型跳跃的表现。Yu 解释了水平跳跃过程如下：“在助跑时产生的‘水平’动能通过手臂和自由腿的动作部分转换为‘垂直’能量。”

**助跑的准确性：**朱亚明在奥运会期间的 7 次试跳(资格赛 1 次，决赛 6 次)全部有效。在重大比赛中，平均有 28% 的试跳助跑失败(基于自 2012 年伦敦奥运会和世界锦标赛以来所有男女水平跳跃、资格赛和决赛的结果)。犯规对后面的试跳有影响；因此，这个因素的另一个积极方面是朱亚明显示的高精度踏板。在奥运会的巨大压力下进行有效试跳的能力至关重要，因为最后两轮的水平跳跃都确定了最终排名。朱亚明助跑的积极方面是累积误差的小幅度

(0.25 m)、调整阶段的早期开始(板前第 6 步)和倒数第二步执行的最大 ADJ%(26%), 而不是最后一步。跑动一致性程序可以提高助跑精度, 从而减少其可变性。朱亚明使用的练习包括越过小障碍物和越过小标志桶进行训练, 然后从目标(起跳板)起跳, 以及其他练习。助跑是从传统的角度研究的, 它分为两个阶段: 程序阶段和调整阶段, 从起跳前的第六步开始。研究人员最近证明, 世界优秀跳远运动员从助跑一开始就表现出功能上的变化, 这使他们能够更早地开始调整。这种可能性可以在未来继起探索。此外, 助跑的最后两步的长度遵循“长-短”模式, 从而反映了踏板的积极节奏。

**主动着地:** 主动着地将水平速度的损失和每个支撑阶段的受伤风险降至最低。朱亚明 在每个阶段都进行了主动着地, 并且动作速度比 Koh & Hay 研究的平均速度更快, 但考虑到这些作者报告的最佳值, 他仍有改进的可能性。

**三跳比例的改变:** 三跳比例在确定运动员跳跃距离方面起着关键作用。最佳三跳比例是个性化的, 尽管 Hay 提出了大多数运动员“过度-单足跳”的情况, 因此在这个阶段产生的距离无法获得最佳的个人表现。在之前的一项研究中, 纵向跟踪巴西三级跳远运动员, 我们注意到整个赛季的三跳比例变化, 并且当运动员摆脱以单足跳为主的技术时, 他们往往表现出更好的个人表现。朱亚明寻求平衡技术有两个目标: 减少极端垂直 GRF, 这将保护他免受长期重复伤害, 并在连续起跳时获得最大水平速度保持, 这可能导致以更好的表现。

**心理准备:** 我们没有关于朱亚明的心理准备计划及其效果的客观数据。然而, 朱亚明的教练注意到, “他对自己的能力表现出了自信, 能够在比赛的关键时刻保持专注和控制自己的情绪, 专注于任务。”用他自己的话来说: “决赛比我经历过的任何事情甚至我的预期都要激烈得多。我不知所措, 开始怀疑自己。我认为这是我能做到的最好, 因为我已经创造了个人最好的成绩, 但是我的教练们都在鼓励我, 我恢复了一些信心。”(采访见 [http://www.xinhuanet.com/english/2021-08/05/c\\_1310109617.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2021-08/05/c_1310109617.htm); )。这篇采访与 Zuleger 的发现相吻合, 他认为教练与运动员关系的关键方面是“创造一个自主支持的环境, 发展一种关怀的关系, 发展和保持精神力量”。

### **训练组织**

**周期:** 在 1 年内存在两个以上的竞争时期构成了多个周期。负责安排 朱

亚明 赛季的教练的选择是保持这种结构，即使可参加比赛有限。可以保持较短的时间并保证训练手段的频繁交替，这对于发展力量训练来说可能更充分。对 TL 的监测和控制寻求最佳训练-恢复关系的过程中非常关键，在 2020-2021 赛季，没有受伤需要暂停训练。数据是回顾性收集的。准确报告实际进行的训练是不可能的，因为教练没有定期记录这些信息。缺乏信息是该研究的局限性。

**减量：**研究者 Murach & Bagley 确认“在减量的阶段( $\leq 1$  周)力量和爆发力的增加可能归因于神经肌肉疲劳的逆转，特别是在高度训练的肌肉中。”在为 2020 年东京奥运会前 8 周举行的选拔赛时，测试了减量的持续时间，并模拟了启动阶段和 PAPE 策略。结果得到教练员和运动员的满意；因此，这些策略在奥运会上得到了重复。为期两周的逐渐减量可以恢复并增加神经肌肉的准备状态，SLJ 的结果、蹲跳的启动阶段以及比赛的结果都证明了这一点。

**生化监测：**除 CK 外，生化检测结果均在男性参考值范围内。这一发现并不令人惊讶，因为 CK 水平在剧烈体育活动的 24 小时内可以增加至正常上限的 30 倍，然后在接下来的 7 天内缓慢下降。三级跳远训练会引发较大的离心负荷，并有可能增加 CK 值。除了持续跟踪外，无需采取任何行动。由于 TL 逐渐减少，值随着主要比赛的临近而下降。

## 五、结论

本案例研究介绍了基于证据的信息和最佳实践的实际应用，以培养一名奥运会三级跳远银牌得主。短的训练模块、监测训练课程和运动员状态、个性化减量、比赛前一天使用激活课程以及训练和比赛中的 PAPE 策略是此过程中遵循的概念。跳跃测试的结果和蹲跳的表现显示出改善的趋势，并与竞争表现相关。观察到助跑速度、踏板精度和跳跃技术的积极变化。心理训练为运动员提供了可以在奥运会期间使用的工具，让他专注于任务。现场测试的结果是有史以来最好的，可以成为世界级三级跳远运动员的参考标准。缺乏对外部训练负荷的控制是本研究的局限性。未来的调查可以报告优秀跳跃运动员的内部和外部训练负荷及其与竞技表现和其他决定因素的关系，这可能会提高我们对准备重大国际赛事的程序机制的理解。本研究试图朝着这个方向迈出一步，据我们所知，这是最早在科学文献中报告奥运奖牌获得者三级跳远运动员的训练策

略的研究之一。

韩鹏鹏译自：Moura NA, Han P, Moura L de P, Wang G, Yuan T. Selected factors for triple jump preparation: A case study of an Olympic silver medalist. International Journal of Sports Science & Coaching. May 2022.

## 女子标枪奥运冠军刘诗颖体能科学化训练方案和理念

国家田径队体能教练 陈洋

### 一、刘诗颖备战东京奥运会体能训练方案

体能训练可以深度挖掘人类运动的潜能，随着数字化科技技术的发展，数字化体能训练已用在实践训练中。数字化体能训练是传统体能训练的延伸，是一种训练的理念和具体表现方式，并不能取代传统体能训练的体系、理论和方法。数字化体能训练是应用现代科技方法在运动员进行体能训练的过程中通过实时测量的数据来监控训练质量，并根据数据对体能训练过程实施调整的一种训练方式。数字化体能训练是一个双向调控的过程，对于提高单位时间内的训练效率，实现精英运动员的精确个性化体能训练，都具有非常重要的意义。

标枪项目的特点主要体现快速力量，欧美训练着重于体能，在体能训练方面的研究颇深，相比较我国标枪运动员在技术上的优势更为明显，因此，刘诗颖体能训练吸取国外体能训练经验，刘诗颖在体能训练方面的到突破，各项指标达到顶尖水平，再结合自己拥有的优势，达到最优训练过程，为创造更好的成绩做铺垫。

根据体育总局对于体能训练的总体要求“科技助力奥运、强化体能、恶补短板”的指示精神，以对标“七个东京”为准则，以提高运动员刘诗颖专项体能为根本目的，解决原有伤病为目标，以运动员体能评估、优化为突破口，通过在夯实基础体能的基础上，强化运动员专项体能为核心。在帮助运动员挖掘自身潜能，改善运动表现的同时通过对运动员刘诗颖的身体状况进行分析，从而制定出科学、安全、有效的训练方法。熟悉运动员技术优势特点，了解主要对手的特点，研究发挥运动员特长优势，通过提高运动员运动表现限制对手发挥，

不断的提高运动员的成绩。

专项体能训练采用数字化训练,目前国际运动科学领域关注的一个新热点,也越来越引起国内体育科研机构的重视。数字化体能训练是应用现代科技方法在运动员进行体能训练的过程中通过实时测量的数据来监控训练质量,并根据数据对体能训练过程实施调整的一种训练方式。数字化体能训练是一个双向调控的过程,对于提高单位时间内的训练效率,提升运动员训练动机,实现精英运动员的精确个性化体能训练都具有非常重要的意义。同时在人体动力链做工方式符合专项特征的原则上采用大量数据分析、分解练习、视频分析来改善存在的不足,设计结合专项特点,有针对性的挖掘个人潜力,在制定训练计划做到因材施教、因地制宜及区别对待。

### 1.精准个性化体能训练计划的制定

2019年4月底多哈亚锦赛前由于队医治疗失误造成刘诗颖气胸,并在多哈进行了气胸插管手术,对刘诗颖原有的比赛计划造成了影响。2019年4月20日,刘诗颖在国外进行插管手术,4月28日回国接受了引流拔除,在医生的建议下需要进行一个月的修养。由于2019年10月刘诗颖需要参加多哈世锦赛,世锦赛选拔赛在8月,手术后修养至多哈世锦赛选拔赛仅不到4个月的时间,到世锦赛只有5个月的时间,时间紧迫,任务艰巨,因此在术后修养24天之后刘诗颖就开始恢复训练,刘诗颖需要在保证身体健康的同时尽快恢复、提升竞技能力。通过分析刘诗颖的个案基本情况,划分个案世锦赛前气胸后的体能恢复训练的不同阶段,确定阶段目标及不同阶段使用的训练方法和训练手段,制定了详细的训练周期计划。

经过体能恢复训练,刘诗颖气胸术后体能得到了很好的恢复,体能恢复训练在提升刘诗颖的专项训练方面发挥着积极的作用,最终刘诗颖在多哈世锦赛凭借65.88米的佳绩,创造个人最佳,获得一枚银牌。图1为刘诗颖2019年6月-10月比赛成绩指标变化趋势图,虽然阶段成绩出现起伏趋势,但是整体上呈现出提升的趋势,由此说明体能恢复训练期的训练过程中,刘诗颖的竞赛水平逐渐恢复,竞赛成绩不断提升。综上所述,体能恢复、训练成绩以及比赛成绩的回升说明此训练阶段训练个性化计划的安排与实施等更适合于在气胸状态下进行,能够更快更有效的恢复体能水平、提高运动员运动表现。

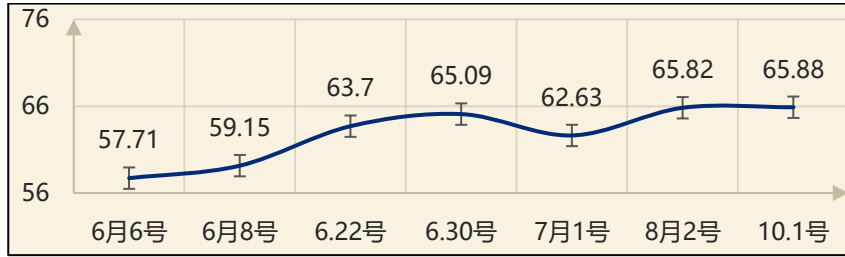


图 1 刘诗颖 2019 年 6 月-10 月比赛成绩指标变化趋势图

气胸的产生,对刘诗颖的个人体能以及竞技水平都产生了较为严重的影响,由于气胸术后需要一个过程的恢复期,因此在恢复过程中,对于训练计划的设计,以刘诗颖的个人情况为依据,对训练强度、训练内容和训练量进行针对性、精准个性的设计,避免恢复训练再次对刘诗颖进行二次损伤。

体能恢复训练是一个循序渐进的过程,基于刘诗颖气胸术后恢复的特殊性,在实际的训练过程中,对训练方案进行灵活的调整,使训练内容能够适应不同阶段的体能需求,逐步促进刘诗颖体能和技术的恢复。

体能恢复训练方案的设计,使刘诗颖可以以更好的状态参与 2019 年世锦赛,从亚锦赛到世锦赛,短短不足五个月的时间,他人认为不可能的事情,我们做到了。对于训练方案的设计,要以服务竞赛比最终的目的,剔除不必要的训练,使训练既能够满足提升竞技实力的需求,又避免过度的训练,影响刘诗颖的术后恢复,因此精准个性化训练计划在训练中起着重要作用。

## 2.刘诗颖体能训练主要理念桌面推演

美国的体能训练具有严格步骤,通常分为运动能力测量、运动能力评估、设计体能训练计划、制定体能发展目标 and 体能训练实施等几个基本步骤,刘诗颖体能训练优化路径分别为以下 9 个基本步骤。

- (1)通过主教练沟通、与运动员沟通建立信任了解具体情况;
  - (2)通过问卷调查建立运动员训练档案,了解运动员基本信息、伤病情况、内在动机、行为习惯、饮食习惯等;
  - (3)通过运动员身体机能测试,监控运动员内分泌指标、血细胞指标、免疫指标等;
  - (4)通过人体成分测试,监控运动员体脂率、肌肉含量、骨矿物质含量等;
- 以运动风险体能评估为突破口,通过筛查与测试了解运动员身体与技术现状;



(如：功能动作筛查、YBT 测试、动态动作模式筛查、SFMA 评估、等肌力测试、稳定性等测试)

(5)通过基础体能测试进一步明确运动员体能“短板”；(如：关节灵活性测试、基础力量、爆发力、速度、有氧耐力、无氧耐力测试等)

(6)通过基专项体能测试进一步明确运动员专项技术动力链做功特征及专项体能“短板”，清晰了解运动员的薄弱环节(如：专项灵活性测试、专项速度测试、专项力量测试、专项爆发力测试)

(7)针对刘诗颖个性化体能诊断与评估，通过上述监控与测试数据指标横向、纵向对比，为训练计划制定提供有效数据、通过训练目标制定不同阶段的训练计划；

(8)通过体能训练计划实施，监控训练过程、动作实施调控、重视恢复再生；(运动训练过程监控已成为运动训练中不可或缺的组成部分。随着科技的发展和  
对训练规律的深刻认识，在体能训练过程中进行数字化监控越来越受到重视。)

(9)阶段性体能训练效果检测，通过体能测试指标变化、运动员主管反馈、教练员主管反馈、专项能力变化、比赛成绩等，总结存在问题、取得经验及阶段训练报告。

### 3.刘诗颖体能指标

基础体能就是力量、速度、耐力、灵敏、柔韧在专项上体现出来的一种运动表现。中国代表团在此次东京奥运会上取得了较好的成绩，很多项目上都夺取了金牌，其中运动表现的能力是最重要的一点，在夯实基础体能的基础上，强化专项体能训练是当今也是未来的一个核心的观点。

基础体能训练帮助运动员挖掘自身潜能，改善运动表现。通过对运动员身体状况进行分析评估，从而制定出一套科学、安全、有效的训练方法，让运动员的每一滴汗水都不白流。通过建构并验证，运动员刘诗颖损伤性体能训练体系，高效精准的在已有体能训练系统基础上通过介入损伤预防性体能训练体系的实践来有效的设计出预防运动损伤训练方案，将损伤发生率降低至可控范围内，同时在最大程度上延长运动员运动生涯以及致力于提高运动员终极运动表现。

深蹲、卧推、卧拉都是竞技体育非常重要的基础力量练习，在确定练习的负荷时一般采用最大肌力(1RM)的百分比方式。有研究证明，运动员的1RM经常会出现波动，波动的范围会达到1RM数值的±18%。那么，按照最正因此，基于速度的力量训练是基于速度与负荷之间始终保持的严格负相关关系，显然更加合理。教练员可以通过线性位置传感器装置在每节训练课的关键练习中测量杠铃杆的平均速度来监控运动员的训练质量。

| Percentage of 1-RM (%)                       |                   |                |                |                       |                   |    |    |    |    |       |
|--|-------------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|----|----|----|----|-------|
| 0  | 10                | 20             | 30             | 40                    | 50                | 60 | 70 | 80 | 90 | 100   |
| None   | Starting Strength | Speed-Strength | Strength-Speed | Accelerative Strength | Absolute Strength |    |    |    |    |       |
| Original and arbitrary velocity ranges (m/s) |                   |                |                |                       |                   |    |    |    |    |       |
|  | >1.3              | 1.3-1          | 1-0.75         | 0.75-0.5              | <0.5              |    |    |    |    |       |
| Research Supported Velocity Ranges (m/s)     |                   |                |                |                       |                   |    |    |    |    |       |
| Back Squat                                   |                   |                |                |                       |                   |    |    |    |    | <0.54 |
| Bench Press                                  | >1.3              | 1.3-0.9        | 0.95-0.63      | 0.63-0.32             | <0.32             |    |    |    |    |       |
| Prone Pull                                   | >1.52             | 1.52-1.23      | 1.23-0.94      | 0.94-0.67             | <0.67             |    |    |    |    |       |

图 2 不同目的力量练习与速度之间的对应关系

图 2 是不同目的力量练习与速度之间的对应关系。在基于速度的力量训练中，运动员每一次推起杠铃的速度都要以自身能够完成的最大速度去进行，直到力竭，一般最后一次推起的平均速度应低于 0.3 m/s。这种训练每次都能引导运动员达到当前状态下的最大速度能力，直到把极限能力逐渐发挥出来。而且运动员始终能够看到自己完成的推起速度，通过增强反馈的方式来激发自身的潜能，从而提高训练效率。

根据国家体育总局和中国田径协会国家队体能达标标准进行测试的相关指标参数，并且按照要求每个月定期上报给协会备战办。表 1 为刘诗颖的基础体能和专项体能指标测试数据情况，根据标枪的运动专项特点，我们选择了双手投、仰拉、无负重反弹跳和投掷主力手上肢长杠杆净峰值力为标枪专项体能指标进行针对性的训练和测试。

表 1 刘诗颖基础体能和专项体能指标

|      |         |         |          |         |          |          |              |                  |           |           |
|------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|--------------|------------------|-----------|-----------|
| 基础体能 | 深蹲 (kg) | 卧推 (kg) | 引体向上 (个) | 30m (s) | 腹肌耐力 (s) | 背肌耐力 (s) | 3000m(min:s) | 2000m 测功仪(min:s) | 垂直纵跳 (cm) | 座位体前屈(cm) |
|      | 155     | 80      | 41       | 4.43    | 195      | 200      | 13:55        | 7:55             | 60        | 37        |

| 专项体能 | 抓举(kg) | 双手投(m) | 仰拉(kg) | 高翻(kg) | 后跑铅球4KG(m) | 无负重反弹跳(cm) | 下肢相对力量峰值 W/kg | 投掷主力手上肢长; 杠杆净峰值力(N) |
|------|--------|--------|--------|--------|------------|------------|---------------|---------------------|
|      | 75     | 16     | 40     | 95     | 15         | 34.8       | 43.1W/kg      | 127                 |

## 4.爆发力 POWER

### (1)下肢跳跃分析 LOWER BODY JUMP ANALYSIS

反弹跳(CM)是用来测试下肢爆发力的(速度和力量)。测试会让运动员站在两块力量感应板上,将双手叉腰。运动员快速屈膝 90° 后起跳到最大高度。两块力量感应板能够检测出多种数据。首先跳的高度都能直观反应出运动员动态能量的数据,包括峰值力量和峰值速度。其次是运动员在未负重情况下的反弹跳的相对峰值爆发力(Rel.P.peak)。研究显示,反弹跳使得相对峰值爆发力(Rel.P.peak)对于投掷运动表现有着直接关联(铁饼、铅球、链球、标枪)。最后是力量-速度(F-v)的平衡、F-v 平衡的数据可以帮助运动员了解究竟应该提高力量还是速度,从而达到提升爆发力的目的。通过研究 F-v 平衡显示,运动员应该同时提高相对最大爆发力与最佳 F-v 平衡,达到提升运动表现的结果。

如图 5 所示深灰色表示无负重情况下最大弹跳高度,浅灰色表示 50%体重负重情况下的弹跳高度,红色表示 100%体重负重情况下的弹跳高度。奥运水平的女子标枪运动员的无负重反弹跳的高度标准为 34cm(刘诗颖 34.8cm)。

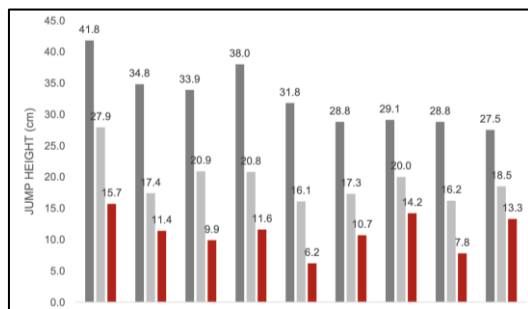


图 5 投掷精英运动员弹跳高度模型

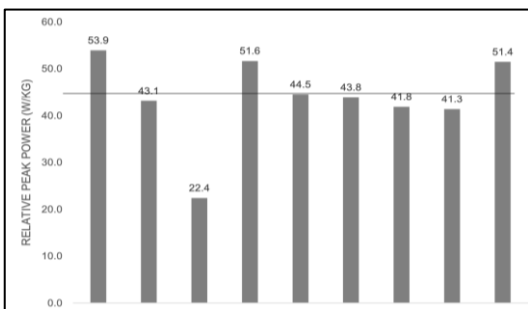


图 6 投掷精英运动员下肢相对峰值爆发力模型

### (2)下肢相对峰值爆发力 LOWER BODY RELATIVE PEAK POWER (Rel. P. peak)

如图 6 所示灰色表示本次测试的相对峰值爆发力。奥运水平的标枪运动员来说,相对峰值爆发力在 45W/kg 以上,在图表中用黑线标出。(刘诗颖相对峰值为 53.9W/kg)。

### (3)下肢力量-速度平衡 LOWER BODY FORCE – VELOCITY BALANCE (F-v)

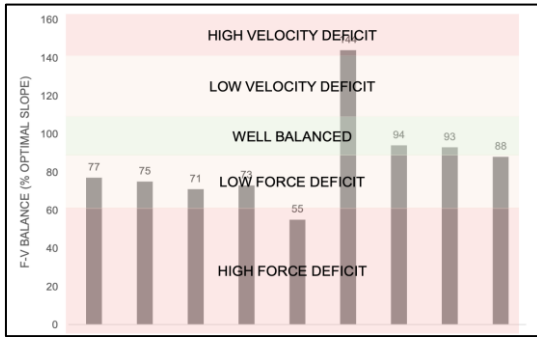


图 7 投掷精英运动员下肢力量-速度平衡模型

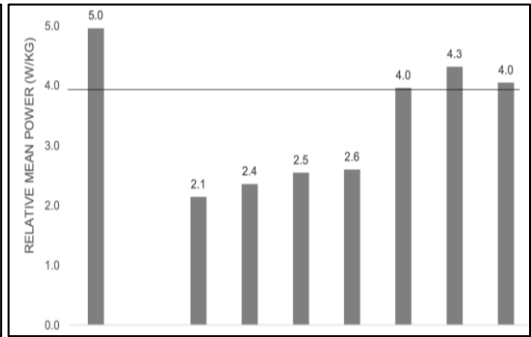


图 8 投掷精英运动员上肢相对平均爆发力模型

如图 7 所示，数据代表最佳 F-v 平衡的百分比(% optimal balance)，对每个运动员来说，最佳 F-v 平衡是根据他的相对峰值爆发力，四肢长度，以及投掷运动时力量产生的角度来界定。通过与上述一系列反弹跳的数据进行对比(无负重，50%体重负重，100%体重负重)，来得出最佳 F-v 平衡的百分比(% optimal balance)。通过对比来得出何种下肢训练能够最快地提升相对峰值爆发力，通过测试运动员刘诗颖为完美平衡。

**高力量赤字：**着重于力量训练(如 85~95%1RM)，同时配合一些力量爆发力训练(比 80%1RM 或 70~80%体重负重跳)，以及爆发力训练(如 60% 1RM 或者 30~50%体重负重跳)。

**低力量赤字：**力量训练(比 85~95% 1RM)，力量爆发力训练 (如 80%1RM 或者 70~80%体重负重跳)，爆发力训练(如 60%1RM 或者 30~50%体重负重跳)，三者兼具。

**平衡：**力量训练(如 85~95% 1RM)，力量爆发力训练(如 80% 1RM 或 70~80%体重负重跳)，爆发力训练(如 60%1RM 或 30~50%体重负重跳)，爆发力速度训练(10~20%体重负重跳)，速度训练(如无负重跳)。

**低速度赤字：**爆发力训练(如 60% 1RM 或 30~50%体重负重跳)，爆发力速度训练(10~20%体重负重跳)，速度训练(如无负重跳)，三者兼具。

**高速度赤字：**主要进行速度训练(如无负重跳)，配合一些爆发力训练(如 60%1RM 或者 30~50%体重负重跳)，爆发力速度训练(10~20%体重负重跳)。

建议在运动员赛季的 3 个时间节点进行 F-v 平衡测试：普通准备期，专项准备期，比赛备战期。通过多次测试，可对运动员训练计划进行针对性的调整。

#### **(4)上肢相对平均爆发力 UPPER BODY RELATIVE AVERAGE POWER (Rel.P.avg)**

卧推常被用来测试上肢 F-v 的情况，同时也用来测试上肢最大力量(通过重复最大重量 1RM 来预测)。运动员平躺在卧推凳上，双手略宽与肩膀抓住杠铃。运动员将杠铃降到胸前，尽自己所能以最快的速度上举。杠铃上绑有一部线性位置传感器(GrymAware)，可以测试峰值与平均力量(F。peak/F。mean)，峰值与平均速度(V。peak/V。mean)，以及峰值与平均爆发力(P。peak/P。mean)。研究显示，卧推的相对爆发力与所有投掷运动的运动表现紧密相关，数据越高，运动员投掷的距离就越远，最大力量对于精英投掷运动员来说也同样重要。

如上述模型如图 8 所示，灰色表示测试中在 20%卧推重量下的最高的相对平均爆发力(重量近似于运动员比赛中投掷的重量)，女子奥运水平的投掷运动员来说，相对平均爆发力在 4W/kg 以上，在图表中用黑线标出(刘诗颖相对平均爆发力在 5W/kg)。研究显示提高卧推的相对平均爆发力同样可以提高运动员的投掷运动表现( $r=0.83$ )。对于投掷运动来说上肢产生爆发力的能力是所有投掷运动都需要的。爆发力训练是力量训练中的重点，奥林匹克举及其变形练习方式(高抓、高翻等)是发展全身爆发力的最佳练习方式。爆发力训练主要监控动作过程中的最大速度。每次完成练习后，都可以通过显示屏直接看到此次练习的最大速度，体能教练可以给运动员每次训练确定一个目标值，观察运动员每次练习质量。这样的增强反馈方式可以不断激励运动员挖掘自身潜能，提高每次爆发力动作的最大输出功率。

### **5.最大力量 MAXIMAL FORCE**

#### **(1)等长股骨中位拉 ISOMETRIC MID THIGH PULL**

等长股骨中位拉(IMTP)是用来测量最大力量的测试，它的体现峰值力量的单位是牛顿(N)。运动员会双脚踩实在力量感应板上，在高翻的握把位置进行提拉测试。拉杆的高度被调整到大腿的位置，也就是高翻时膝盖微曲但身体躯干与地面几乎垂直。运动员需要用尽全力去拉杆。研究表明，最大力量(峰值力量)对于投掷运动员来说非常重要。

#### **(2)全身相对峰值力量 WHOLE BODY RELATIVE PEAK FORCE**

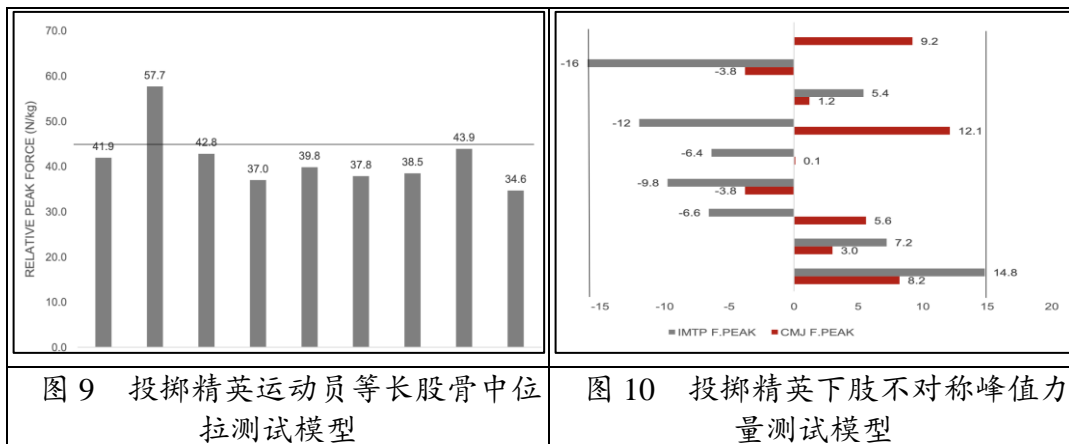


图 9 投掷精英运动员等长股骨中位拉测试模型

图 10 投掷精英下肢不对称峰值力量测试模型

如图 9 所示，我们认为奥运水平的投掷运动员在等长股骨中位拉的测试中，相对峰值力量应该 45N/KG 以上(刘诗颖相对峰值力量为 57.7N/KG)。

**(3) 下肢不对称峰值力量 ASYMMETRY IN LOWER BODY PEAK FORCE**

如图 10 所示，左右力量和爆发力的不对称，可能会导致伤病，灰色系代表等长股骨中位拉不对称的测试数据，红色代表反弹跳峰值力量不对称的数据，负数表示运动员不对称左大于右，正数表示运动员不对称右大于左。对于标枪运动员来说主力手的力量相对于非主力手偏大的非常常见的情况。但是，如果由于不对称大于 15% 而导致或者存在潜在伤病隐患的，运动员需要通过骨科筛查结果进行对比，可以通过对非主力手的技术训练来提高下肢力量和爆发力的对称性。

**(4) 上肢相对最大力量——预估 UPPER BODY RELATIVE MAXIMAL STRENGTH – PREDICTED**

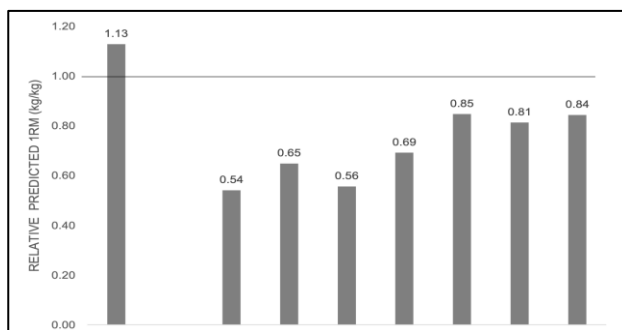


图 11 投掷精英上肢相对最大力量模型

如图 11 所示，灰色表示与预估 1RM 所完成的情况。预估 1RM 是根据 F-

v 情况的在 0.15ms 的预估值,如前文所说,卧推被通常用来测试 F-v 的情况,也同样用来测试上肢最大力量(根据预估的重复最大重量 1RM)。基本水平的上肢力量对奥运水平投掷运动员来说是至关重要的。尽管上肢的推力对于某些投掷运动更有相关性(如铅球),但是基本水平的上肢力量能够帮助投掷运动的训练和竞技表现,同时起到防止伤病的作用。如,缺乏上肢力量可能会导致运动员更多的上肢的受伤。对于奥运水平的女子投掷运动员来说,相对预估 1RM 的 1.0 是预防伤病的最基本数值(刘诗颖上肢相对最大力量预估值为预估 1RM 的 1.13),这就等于运动员需要在卧推时能够推起相当于她们体重的重量 1 次。这个标准可以在低训练量的情况下就能达到,因此由于过度卧推导致对姿势和姿态的不利影响(如圆肩)的风险很低。

## 二、刘诗颖竞技能力科学化训练理念

训练理念是教练员和运动员对纷繁复杂的训练过程从无到有的认知和总结。也是追求运动训练科学性和实际可行性的一种信念。在每一次的实践训练和比赛的过程中不断总结,不断的修复弊端和提高能力,是运动训练最高的追求。实际上在训练理念这个概念中,教练员占有主导地位,是宏观调控训练主要方向和实际内容的主要把控者。换言之,训练理念是教练员本身对运动训练的本质以及运动训练的多种因素的理解汇总,是一个教练员在训练过程当中核心“指导思想”的体现。

根据本人从事多年标枪专业教练而言,我们认为训练理念是反映教练员和运动员在训练过程中实际训练操作的一个具象化的体现。而称其为“具像化”的原因,就是在这个实际操作过程中,除了严谨的理性思维,还需要非常大概率的心理共情能力参杂其中。教练员和运动员在训练的理念中需要奔赴的是同一个结果和高度,是同心同体的,是需要共同的训练环境和比赛环境中不断的理性思考、独立思考 and 换位思考的。当双方思考结果出现出入时,不能一个方向直接做决定和判断,应通过双方的亲身体验而形成的最后关于竞技体育的本质、价值和规律的判断与看法才能成就一个较为成功的训练理念。

以上均是从训练理念的概念出发,得出的一些个人经验的总结。从实质性的角度来看,训练理念是根据项目实际训练的要求和运动员个人特点总结和梳理出来的一个训练流程。该流程因人而异,有具体的训练方向和训练时间节点

以及训练等级等等因素。不同运动等级和运动层次的运动员对于训练的理解能力是有些许差距的,而这种差距在一定程度上影响着运动员在竞赛中最终运动能力的表现结果。因此不同的训练理解也可反映出相应的不同的训练理念。

### **1.训练理念中的“有效”理念**

“有效”顾名思义是完成一件事情所能取得的功效与效果。而训练理念的有效与否正对应着运动员的训练和比赛的结果。如何通过有效的训练理念获取有效的训练途径是教练员和运动员在彼此的运动生涯中一直致力于解决的问题。然而如何将正确的训练理念有效的运用在运动训练的过程中,这就需要我们对“有效”这个定义在运动训练过程中的重要性有一定的实质性理解。

### **2.运动训练中的“有效”指的是训练效益和质量的稳步提升**

有效训练的目的在于促进教练员和运动员的发展以及训练中实际问题的有机统一,有效的训练意义在于运动员与教练员能在一定的时间和空间之内尽可能高的促进师生发展效益,并与此同时能够达到较为合理的训练问题解决效果。它要求教练员要树立足够的责任意识、时间意识、效率意识、效益意识,不断追求更高的技术和理性,谋取更高的质量效益。

### **3.“有效”训练以根据实际情况改进训练计划为基础。**

想要追求好的训练效果,不能仅仅将重点放在单一的训练方法或训练技术的更新和调整上,长期的训练除了不尽人意的各种突发状况之外,还伴随的是训练技术反复和训练伤病的干扰。训练计划的按部就班并不代表运动员可以整体不变的按照原先制订好的训练计划和要求进行一尘不变的推进和实施,同时它需要有效系统设计思想和整体改进的观念加持,并且这种改变是极有可能随时随地的,需要教练员本身具有随机应变的能力和对运动员的深刻了解才能够实现。在运动员出现问题或者出现突发状况的同时,按照实际情况改进训练计划,调整适合该运动员的训练量、训练强度、训练内容、甚至训练氛围,这都是有效训练效果的必备条件。这些条件全都要以过硬的基础训练为基奠。

### **4.“有效”训练以提出问题、不断思考为向前推动力。**

追求有效需训练需要教练员先给自己提出一个问题,究竟哪些内容是有效训练的思考对象?就我个人而言,我认为训练状态、训练设计、训练理念和训练效果是基础性且必不可少的,时刻自我反思“这个阶段的训练内容是否真



实有效”、“怎样才能在下个阶段更有效”、“每个周期的每个阶段所要完成的训练强度应该把控的范围是什么”等等。要求教练员时刻处于一种“自我反叛”的审视状态，不断的发现问题-提出问题-研究问题-解决问题，不断更新对运动员的训练观念，增加有效的训练方式，变革过去的训练模式，取长补短，采取有效的策略和方法，提高训练最终的训练效益，以取得最终效果。

### **5.“有效”训练需要及时的沟通与反馈作为保障。**

有效的反馈是提出问题的一个有效的系统保障。当运动员和教练员在探讨技术、训练或者其他问题时，“有效沟通”是十分有效的措施，出现问题不可怕，可怕的是没有及时的沟通解决。耽误最佳的训练时机，那是得不偿失的。实际上我认为，在我执教多年的经历中，及时获取运动员每天训练的反应和对技术理解的反馈信息，是我有效加强训练监控的重要要素之一，建立一个循环且闭合的训练管理回路，增强师生之间换位思考的空间，以引导的方式探讨，给予解决问题的途径为最终目的，能够有效的避免很多问题的出现，同时得以保障运动员的训练质量和训练效益。

### **6.“有效训练”是一种理念，又是一种“原则”。**

理念首先表现为对某一个问题的相对统一性的概括及认识，其次在发现问题、认识问题和解决问题的过程中，把这种统一性认识作为大体的方向和规则是可以保证大方向上没有错误的。作为一种原则性的理念，“有效训练”始终致力于如何将训练效益提高。它表现为教练员为提高训练效益而采用的一系列具体行为方式。不离开大的原则，但是可以根据个人情况作小范围的取舍。因为世界在不停的变化，人在不停的进步，思维理念在不停的推陈出新，我们将有效训练作为一种根本途径，发挥个人特点的训练理念，加以原则辅助，才能成就彼此。科学的训练理念在训练与比赛中存在的意义，科学的训练理念对训练本身的影响。

训练本身是十分枯燥的，虽然训练计划每天并不是一成不变的，但是现代体育训练的竞争是要求运动员整体的综合竞技能力的体现，所以教练员等于既要挖掘运动员单项技术能力又要关注运动员综合竞技能力的获取。当需要的能力越发全面，需求越高时，就需要运动员练的全面。但是人的精力是有限的，如果单单追求训练的广泛性而降低训练的精致程度，很容易让运动员“飘”在训

练浅显的底层，也就是“看起来都行，但是又都不行”。所以，训练理念的重要性并不是说说而已，它绝不是一个简单的思维模式，也不仅仅不是书本上一成不变的知识结构体系。更不是成功人士提出的经验所可以直接概括的。想取得令我们满意的比赛结果需要我们一步一步的根据上述的知识脚踏实地的重新梳理思维，不停的提出问题并予以思考，敲打自己与时俱进。

科学的训练理念不仅仅只是重视训练过程的科学计划、还需要全方位的重视全程训练理论的科学提炼，二者的有机结合加上人为的高度思考才是提高运动员竞技能力的唯一途径。

在有了一定的科学化的训练理念为基础时，我们需要第一时间将训练理念转化为训练途径，而梳理科学化训练途径是有一定技巧可言的，如根据运动员当前技术成熟度、训练年限、以及特点更改训练周期，调整训练强度，加强专项动力链的练习等等，当你发现我们的训练理念在实际训练中产生了好的影响时，你就等于为你的训练理念打造了一个好的开端。由传统的全年大周期训练慢慢转化成现代先进的小周期训练，因为我起初是一名市体校的教练员，比赛任务主要以省比赛为主。所以计划的本身除了以运动员赢得比赛胜利为第一目标以外，我还是非常注重运动员本身长远发展的。传统的大周期训练，虽然在目前看来有一些不足，但是在过去是十分有效的存在，换句话说对于年轻的小队员来说是有着可靠的实效性的。实际上，我队中的运动员基本全是从训练初始就跟我从事标枪专业训练。众所周知，运动员青少年时期有非常敏感的窗口期，绝对不能为了拔高成绩走捷径或者着眼于短期内的成功，作为教练，我们必须首先给运动员打好一个坚固的基础，让他们有良好的运动习惯、身体基础运动能力和比赛风格等等。他们需要先不停的重复学习和练习基本技术、身体协调能力和全面的运动能力，以为日后他们能够在日积月累的发展中更加轻松的完善各项运动技能。通常来说，运动能力的培养需要一定长的时间，不能太过仓促。每年给青少年运动员制定的目标不应该只是赢得比赛，恰恰相反，应该培养他们的运动基础素质和良好的运动心态，保证持续成长。所以当有了一定训练年限、训练基础、训练能力的运动员成长起来之后，参加全国赛、世界性的比赛越多，就越需要重新调整训练计划来增强他们的能力，打破目前的局限性。每一个阶段的运动员都有着自已需要突破的瓶颈，那么当运动员趋于成

熟，成功的走过青少年打基础的道路之后，适时的从全年大周期基础性训练慢慢引导为针对性的小周期的训练是最明智的选择。正好可以弥补和增强运动员本身的一些短板能力。而且通过小周期的训练计划可以精雕细琢运动员的技术动作，按照细致的小周期要求安排计划也可以给运动员产生一种新的刺激。当训练方式、训练内容、训练安排有了一个较大的转变时，运动员本身也能重新产生新鲜感和兴奋感，也可以在精神和心理方面得到一定的释放和放松。从而降低训练的枯燥性和疲劳后产生的抵触心理。所以从传统的全年大周期训练转化成现代先进的小周期训练需要教练员踩准时间点，不宜过早也不宜过晚、这对教练员本身也是一个较为艰巨的考验。

### 7.采取“以赛代练”的训练理念有针对性且全面地提高运动成绩

近年来，国内外出现了很多新的训练方式，如“倒计时训练法”、“以赛代练”等等，已逐渐成为现代竞技训练的关键词。我们每天训练的目的是为了取得好的比赛结果，而不是为了训练而训练，所以备战大赛期间，在不同的时间节点安排不同层次的比赛刺激运动员能力是提高运动员竞技性的有效训练模式之一。现如今主流的训练理论体系中的目标表现整合优化训练模型以及作为专业运动员具体表现形式的以赛代练、倒计时训练等等，无论是从实践或者理论的角度上，都彰显着专业训练认识的巨大变化和进步。

个人经历而言，近几年，本人安排运动员提高成绩主要采取的是以赛代练的方式，就刘诗颖这个冠军模型来说：采取“以赛代练”的模式是能够对运动员当前对技术掌握的情况进行一个严格的检验。当运动员突然在训练中产生了较高的训练强度或者训练测验有了一定的提高甚至突破时，教练员不能以随堂测试中产生的最高成绩作为目标参考，这只是运动员训练量的一个阶段体现。我们需要让运动员经过比赛的洗礼，在紧凑的赛程中对运动员进行一个高强度的刺激，如果运动员在合理的赛程安排下，依旧可以达到一个较高或者较为平稳的强度时(不论有没有突破训练时的强度)，那么证明运动员不仅具有良好的上升空间，而且具有较强的比赛风格和个人特点，能够将“吃”进去的技术动作转化为实效性的成绩来肯定训练的结果。与此同时，也能够让运动员分层次的在不同等级的大赛中积累经验，在比赛中自我成长。

在以赛代练的基础上，技术动作有了一个较大的提高后，从新层面上，

动作连贯性和实效性就需要更多的训练去实施和磨练,当目前的技术动作和肌肉感觉有了比赛结果的肯定后,运动员对技术的理解和对职业生涯的态度也会有一个大的转变和提高,在专业运动生涯中逐渐趋于成熟。这也就是为什么,我队始终秉持“以赛代练、以赛促练”的方式用以确保刘诗颖在大赛中平衡自我能力和提高实效性的问题。其实,作为一个经历过多年大赛的资深教练员,我的内心也是从稚嫩到成熟的。每当大赛来临时,我的心里一直有一个信念:我们每一个参赛的运动员和教练员都有平等的机会和契机。这些机会和契机同时激励着我们、磨练着我们,增加了高手之间的较量和摩擦,这直接的提高了运动员和教练员心理素质、眼界、经验和感情。间接的激励了运动员与教练员对更高层次水平的渴望。我始终坚信“没有最好,只有更好。”当我们不忘初心,砥砺前行的同时,我们也在不畏艰险,勇攀高峰,为的就是冠军和国家的荣誉。当把一切抛于脑后时,一心一意的训练一定会有一个能让你看到希望的结果,因为永不放弃是勇往直前的起点。

---

★.《田径科技动态》编委会:主席:于洪臣;副主席:田晓君、赵杰修。

主编:苑廷刚;副主编:刘冉、王国杰;编辑:韩鹏鹏、冷欣、刘嘉伟、侯金宝。

★.联系人:韩鹏鹏;电话:010-87182520、13233033817,微信名:hpp9797;E-mail:[tkshpp@163.com](mailto:tkshpp@163.com); [yuantinggang@ciss.cn](mailto:yuantinggang@ciss.cn)。

★.定价为15元/本,全年12期为1份,共6本/份,全年定价为90元/份。