

高中男子百米选手下肢力量、血乳酸及运动表现关联研究

田 金

(浙江越秀外国语学院 体育部, 浙江 绍兴 312000)

摘要: **目的** 从百米衡量速度素质的视角探究学术践行存在的实证缺失与争鸣。**方法** 采用文献资料法、实验测试法、数理统计法(变异系数独立样本非参数检验、皮尔逊相关分析)对9名高中百米样本选手予以10 m分段速度、总用时、下蹲跳、百米冲刺后即刻及其后间隔5 s血乳酸值等测试分析。**结果** 1)高中男子百米表现较差,力量为基础的体能水平不足、磷酸原供能及乳酸能力亟待提高、起跑动作技术尚需改进,其现有百米成绩及表现呈现该年龄段固有特征。2)血乳酸值即刻及滞后堆积变化可作为青少年等级水平划分及监控的高效度生化指标。**结论** 以血乳酸为代表监控及评价训练负荷,强化青少年短跑技术规范性、熟练性,適切制定该年龄段特征的技术动作,将使青少年百米选手供能储备及功率释放水准切实保障,使得其竞技水平能持续健康提高及为成年竞技峰值夯实坚实技术基础。

关键词: 百米冲刺;下肢力量;运动表现;血乳酸

中图分类号: G841 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-983X(2023)08-0716-05

Correlation Study of Lower Extremity Strength, Blood Lactic Acid and Sports Performance of High School Male 100-meter Runners

TIAN Jin

(Physical Education School, Zhejiang Yuexiu University of Foreign Languages, Shaoxing Zhejiang, 312000)

Abstract: From the perspective of measuring speed quality in 100 meters, this paper probes into the empirical deficiency and controversy in academic practice. Literature data, experimental testing and mathematical statistics (coefficient of variation independent sample non-parametric test, Pearson correlation analysis) were used to test and analyze 9 high school 100-meter sample athletes with 10 m sub-speed, total time, squat jump, blood lactic acid value immediately after 100-meter sprint and 5 s after interval. High school male 100-meter performance is poor, the strength based physical level is insufficient, the prophosphate energy supply and lactic acid ability need to be improved, the starting movement technology needs to be improved, the current 100-meter performance and performance present the inherent characteristics of this age group. The changes of immediate and delayed lactate accumulation in blood can be used as an efficient biochemical index for grade level classification and monitoring of adolescents. Monitoring and evaluating the training load with blood lactic acid as the representative, strengthening the technical standardization and proficiency of young sprinters, and formulating technical movements with the characteristics of this age group will effectively guarantee the energy supply reserve and power release level of young 100-meter runners, so that their competitive level can be continuously and healthily improved and lay a solid technical foundation for the peak of adult competition.

Keywords: 100-meter dash; lower limb strength; sports performance; blood lactic acid

新时代以来,加强青少年体育工作是长期学校体育与竞技体育的重要工作,其中以高中生为代表的青少年群体竞技水平尤为关键,其不仅处于速度素质在内诸多身体素质的敏感期,也是技术动作正确掌握及形成的关键阶段。过往研究较多集中于世界精英或国内高水平成人运动员百米成绩为主,

针对高中生百米研究的较少,并且由于样本数量少、实验设备制约、个案研究竞技水平不均等缘由,导致研究结论与观点存在不同及质疑。基于此,该研究遵循百米技战术特征、运动学与动力学特点、青少年群体生理发展阶段性等客观认知,针对训练比赛中高中男子百米训练参数与生理指标予以科学监控与数据分析,以期辨析青少年群体以百米运动表现为代表速度提升的核心因素,甄别训练实践过程中存在矛盾问题,不断完善与合理设计该群体训练目标、内容及计划,为青少年课余训练提供理论参考与实践借鉴。

收稿日期:2023-04-19

作者简介:田 金(1993~),女,湖北武汉人,硕士,助教,研究方向:力量及体能训练理论与方法,E-mail:735192155@qq.com。

1 文献述评

百米成绩的运动表现不仅体现在最高速度即刻磷酸原系统的快速动员,而且后半程最大速度的维持及缓慢减速更依赖无氧糖酵解系统的持续供能。其中供能过程中代谢产物乳酸堆积经由肌肉产生然后逐渐扩散至血液当中,进而导致血液酸性会上升而引发中枢神经对肌肉动员的下降及运动表现限制。针对乳酸浓度在高强度运动滞后现象的发生机制及功用得到了学者的关注,如苏炳添^[1]提出在运动结束后血液乳酸分析曲线的诊断,指出最佳乳酸堆积曲线,尤以第10 min、15 min呈现最大值为最佳;运动表现即刻尚未产生高乳酸。郑雪峰^[2]等认为提高无氧糖酵解供能速率与ATP-PCr储备是短跑运动员训练的主要任务,爆发力及力量训练是世界级精英短跑选手训练计划安排的重点。

径赛项目起跑阶段即刻鸣枪发令开始到运动选手反应出发的时间域,称为反应时间^[3]。径赛短跨及接力项目皆以蹲踞式起跑为起始动作,整体运动表现一定程度上与起跑反应时息息相关^[4]。如袁晓毅^[5]通过分析第2届世界田径锦标赛2位百米选手起跑时间和分段成绩发现,起跑至30 m阶段2人相差0.12 s,2人在30 m到百米间仅相差0.02 s;获胜选手的起跑反应时间较失利选手快0.057 s,其占总成绩差距的57%,由此认为起跑反应时间差异成为胜负的制胜因素。苏炳添^[6]基于2004年雅典奥运短距离径赛项目250位女性和360位男性运动员运动表现数据样本,也同样发现短距离及跨栏项目起跑反应时与运动成绩高度相关。起跑反应时及动作迅速快慢与否取决于下肢爆发力量与快速反应时。依据生物力学原理,即由支撑腿、摆动腿、骨盆运转等骨骼处肌肉产生的动力作用于地面,随即身体重心经由支撑推蹬后进入腾空阶段,期间推蹬作用及下肢力量对重心飞行轨迹、身体快速启动影响至关重要^[7]。已有研究常用下蹲跳来标识下肢力量爆发力的评价内容。如王泽峰等^[8-10]通过一系列研究,持如下观点,即46.5%的力量参数会影响百米速度整体表现、下蹲跳与短距离30 m冲刺具有高度相关性等。

以往针对百米供能系统决定性作用、血乳酸堆积滞后的标识功效、起跑反应时作用及下肢力量的相关效度等主题予以了定量实证探究^[11]。作为力量及速度发展尚处于上升与敏感期的高中青少年选手,在起跑动作技术掌握稚嫩、抗乳酸能力较弱等情况下,开展下肢力量为主的体能评价与制胜因素的理论辨析,有利于青少年运动员及教练员科学认知以百米为代表速度类项目的特征与规律,为“加强青少年体育工作”“广泛开展群众体育与竞技体育”提供指导理论与训练要点^[12]。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

以高中男子运动员百米项目作为研究对象。

2.2 研究方法

2.2.1 文献资料法

该研究借助中国知网学术平台数据库,以“100 m”“百米”“短跑”“苏炳添”“磷酸原”“ATP”“反应时间”“起跑”等田径径跨项目专项技术名词及学术热点用语为关键词,开展主题检

索相关学术文献,为本研究提供选题依据、测试方法及分析思路等,以期研究兼具新颖性、学术性、可行性。

2.2.2 实验法

该研究测试分为基础能力与专项能力2部分,基础能力指下肢动力及下蹲跳运动表现,专项能力特指百米分段成绩、起跑反应时、百米运动负荷后乳酸堆积量。

实验目的:通过测试高中短跑运动员百米总用时、分段用时、分段速度、即刻及滞后间隔最大乳酸值、下蹲力量,评价竞技水平及训练状态,比较与辨析青少年短跑运动员技术及体能制约因素,最终提升该群体竞技水平及弥补训练短板。

实验对象:XX师范大学附属中学、XX师范学院附属中学运动队9名短跑运动员作为研究样本。其中身高:171.82±4.88 cm;体重:64.33±4.66 kg;年龄:16.67±1.00年;训练年数:3.44±1.67年。

实验项目:

1)下蹲跳。依据计划实施,即选手进入测力板后先以直立姿势,双手叉腰,共进行2回,4次跳跃,每跳间隔5 s,每组间隔5 min,以个人体重、腾空时间、落地力量数据分析计算出跳跃高度,测试前输入个人体重,腾空时间与落地力量透过软件计算获得数据^[13]。

2)专项速度与起跑反应时间。即:以单人测试方式收集样本对象百米训练参数,即透过电子式鸣枪与起跑反应时间测定器记录个人即刻起跑反应时;用分段速度定时器记录每10 m间隔个人位移速度表现。

3)血乳酸测量。百米速度测试完成后,以耳垂采血方式透过毛细管采集(10μl)安静值,其中百米测试结束后第1、3、5、7、10、15 min的乳酸值,依次标记为E1、E3、E5、E7、E10、E15。

2.2.3 数理统计法

该研究将百米测试期间收集的体育学与生理学数据以均值与标准差描述,并以分段计时验算出每百米分段速度,以Sigma Plot8.0软件进行图形制作分析;以重复量数单因子变异数分析百米分段速度差异、百米结束后各时间点乳酸值差异;以皮尔逊积差相关分析推测下蹲跳、起跑反应时间及百米用时关联,显著性水平界定为 $p < 0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 下蹲跳、起跑反应时间、百米成绩间相关分析

传统运动训练学理论认为百米成绩及运动表现与体能、技术动作等表征指标存在较高相关联动,基于此思路及训练认知。该研究对3者间的关联性予以实证探究,研究发现:1)表1为该研究下蹲跳、起跑反应时间及百米用时的均值与标准差。下蹲跳与起跑反应时间2变量间的皮尔逊相关系数为 $r=0.024$, $p=0.951$,2变量未呈显著性相关;2)起跑反应时间与百米总时间2变量间皮尔逊相关系数为 $r=0.055$, $p=0.888$,2变量未呈显著性相关;3)下蹲跳与百米用时2变量间皮尔逊相关系数为 $r=0.461$, $p=0.211$,2变量未呈显著性相关。

3.2 百米分段速度与最大乳酸值分析

过往研究多以百米分段速度去定量分析百米全程运动表现,探究起跑、加速跑、途中跑、冲刺跑等不同阶段速度表现^[14]。

表 1 下蹲跳、起跑反应时、百米成绩的平均数、标准差及相关系数(皮尔逊)

项目参数	下蹲跳			起跑反应时			百米成绩		
	平均数	标准差	相关r/p值	平均数	标准差	相关r/p值	平均数	标准差	相关r/p值
下蹲跳	44.94	4.34				0.024/0.951			0.461/0.211
起跑反应时			0.024/0.951	0.19	0.02				0.055/0.888
100 m成绩			0.461/0.211			0.055/0.888	12.4	0.30	

注:下蹲跳单位为厘米(cm)、起跑反应时及 100 m 成绩单位为秒(S)。

该研究借鉴此类研究思路及方法,在表 2 为百米测试过程中每 10 m 分段速度,由 0—10 m 分段以平均 5.57 ± 0.33 m/s 起跑加速,于 30—40 m 分段达到最高速度平均 9.00 ± 0.26 m/s。其与 40—50、50—60、60—70 m 分段速度比较,未呈显著性差异;但与其它分段速度比较,呈现显著性差异。由此说明,尚处于加速及最高速度阶段的数率保持的时段还是相对距离近且时间短,尤其针对青少年、以频率提速为主、亚裔选手的高速保持、加速期延长及后半程减缓掉速都将制约百米成绩。

表 2 百米跑每 10 m 分段速度的均值、最大值及最小值统计列表

距离	平均数 $\pm$ 标准差(m/s)	最大值	最小值
0—10 m	5.56 ± 0.32	6.24	5.29
10—20 m	8.06 ± 0.11^a	8.36	7.95
20—30 m	8.70 ± 0.24^{ab}	9.27	8.41
30—40 m	9.00 ± 0.25^{abc}	9.36	8.54
40—50 m	8.94 ± 0.26^{abc}	9.28	8.50
50—60 m	8.94 ± 0.28^{abc}	9.61	8.61
60—70 m	8.87 ± 0.29^{ab}	9.37	8.45
70—80 m	8.63 ± 0.25^{abdefg}	8.97	8.16
80—90 m	8.71 ± 0.32^{abdefg}	9.09	8.13
90—100 m	8.52 ± 0.21^{abdefgh}	8.72	8.09

注:a、b、c、d、e、f、g、h 分别代表 0—10、10—20、20—30、30—40、40—50、50—60、60—70、70—80 分段距离存在显著性差异($p < 0.05$)。

图 1 是针对百米分段速度趋势所绘制的复合折线图,整体直观地描述了百米全程每 10 m 即刻速度变化的趋势,呈“横 L”形,基本呈现了高中生群体百米选手分段速度的特征,也是其竞技能力、运动技术及体能水平的综合体现。相比较于世界精英选手、成人优秀百米运动员的平滑、缓增、渐减的拉长“横 L”形分段即刻速率变化趋势图,还是存在较大差异的。

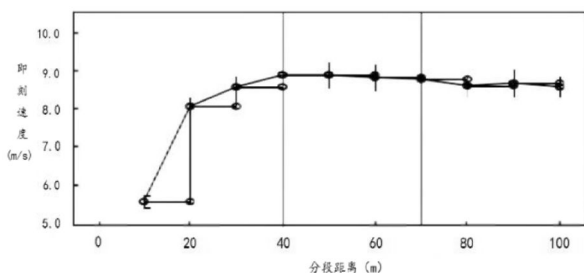


图 1 百米运动员 10 m 分段距离即刻速度变化误差折线图
世界田径锦标赛男子百米首轮参赛选手与该届世锦赛奖

牌选手比较分段速度后发现,见图 2,世界级选手最高速度较国内高中选手延后(80 m vs 40 m);速度稳定期较长(40—100 m vs 40—70 m)。

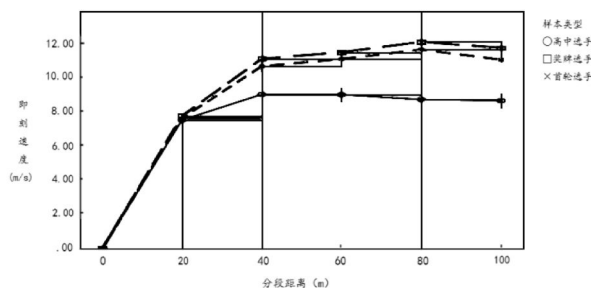


图 2 不同等级水平百米运动员分段即刻速度误差折线

百米极限强度 ATP 供能不足及无氧代谢介入与乳酸堆积滞后等都是人体常规应激表征。表 3 为百米结束后样本测试队员最大及最小乳酸堆积值,其中乳酸平均值 9.67 ± 1.07 mmol/l,最高与最低分别为 11.54 和 8.50 mmol/l。百米测试中个人最快成绩为 11.68 s,其最大乳酸值为 11.54 mmol/l,于测试结束后第 7 min(E7)出现;最慢完成成绩 12.62 s,其最大乳酸值为 8.83 mmol/l,于测试结束后第 5 min(E5)出现。由表 3 真题不难得出如此观点,即百米成绩排序靠前高中生选手的最大乳酸值相对高且更滞后,说明其机体在百米跑的过程中,高速消耗的无氧供能能量大、乳酸的堆积滞后更为长久,其机体的恢复及即刻反应(耐酸性、氧亏等)更为显著。

表 3 百米个人成绩、最大乳酸值及出现节点统计表

名次	成绩(s)	最大乳酸值(mmol/l)	最大乳酸值节点(min)
1	12.55	9.56	E5
2	11.74	8.75	E5
3	12.10	8.50	E5
4	12.17	8.88	E5
5	12.04	10.30	E5
6	11.68	11.54	E7
7	12.05	9.69	E5
8	12.31	10.98	E7
9	12.62	8.83	E5
M $\pm$ SD	12.14 ± 0.30	9.67 ± 1.07	

4 讨论

4.1 下蹲跳、起跑反应时间及百米总时间

起跑反应时间特指当个体听到枪响后直到产生肌肉力量即刻时段^[15]。起跑反应时间一定程度决定于百米跑成绩。戴兴鸿^[16]针对1319名男性与女性百米跑者的研究表明,男女平均起跑反应时间分别为 0.17 ± 0.03 s及 0.18 ± 0.03 s,随着预赛、复赛、决赛等赛程强度的不断提升,运动员的起跑反应时间相应可能缩短,男子与女子选手大致递减到0.14与0.15 s。邢瑜^[17]通过调研2000年悉尼、2004年雅典、2008年北京奥运短距离径赛项目男女生选手,发现2008年男子百米决赛阶段平均完成时间为9.89 s,起跑反应时间平均为0.15 s。2009世界业余田径协会赛事报告中就该年度男子百米预赛58人次参赛记录发现,百米选手反应时间约 0.15 ± 0.02 s;男选手起跑反应时间越短则百米成绩越好,女性则不完全呈现相同现象。短跑各距离阶段(起跑至加速期、最高速度与维持期、速度下降/减速期),男选手各阶段动作输出能力较稳定;女选手在起跑反应阶段的表现可能不是绝对影响最终表现的关键因素。刘芳^[18]比较不同年龄阶层短跑运动员发现成年男子因具有较高的肌肉质量与力量,并有较佳的起跑技巧,其较青少年选手有相对短的起跑反应时间与加速度表现,建议青少年选手不断强化力量与起跑技术训练,以加速专项能力转换。本研究对象起跑反应时间较长,且与最终速度表现呈现不一致,可能是由于下肢力量与起跑技巧不足,以及各阶段动作输出较不稳定导致。

垂直弹跳的能力是许多运动项目中重要的体能元素,其中尤以CMJ及落下跳(DJ)最为常用评估垂直弹跳力能力指标,教练与训练人员也借此评估个体能力。其中CMJ相较于水平式跳跃更具最高速度预测性效度。本研究对象百米运动表现介于11.68~12.55 s,CMJ为 44.94 ± 4.34 cm,2者竞技表现都低于过往实证研究成绩统计均值。本研究速度与下肢力量2者相关性与过去文献呈现不一致,推测可能源于较低的下肢力量致使跑步时触地的时间增加、降低步频、缩短步幅距离及较短的滞空时间,进而导致速度表现较低。朱泉池^[19]指出CMJ能反映出个体瞬间的动力/力量、速度与位移-时间(displacement-time)变化,以及个体肌肉活性与神经肌肉适应的功能性。刑瑜^[20]研究发现垂直性与水平性跳跃测试对速度表现具有高度相关性,同时速度表现或多方向变换速度能力仍与下肢水平和垂直跳跃力量存在弱相关性与不确定性。

综上所述,该高中男子百米短跑运动员的下蹲跳差、反应时间低,源于下肢力量较低,同时在垂直跳跃能力和水平速度转换之间的动作技术转化方面尚未规范、自动化及动力定型,技术动作、神经—肌肉传递动员等方面整体表现差强人意。以高中生为代表的青少年群体上述技术与体能水平的欠缺都一定程度制约百米起跑后加速表现、高速度保持阶段动作输出的稳定性等,该结论与过往迥异。

4.2 百米分段速度与运动结束后最大乳酸值观察

该研究对象从起跑至最高速度出现于第40 m,速度为 9.00 ± 0.26 m/s,该速度持续稳定保持约30 m后呈现下降趋势,其后70 m处速度为 8.88 ± 0.31 m/s,由此不断持续下降直至终点 8.53 ± 0.23 m/s。运动表现启发如下训练思考:1)百米即刻最高速度仍需不断挖掘与整体提高;2)最高速度及次最大速度保持距离仍需延长。百米跑运动学最大即刻速度上速度的提升与保持还需落实到能量供给与输出。依据运动生理学

“最大强度运动的磷酸原腺苷与糖酵解因运动时间不同而不同供能比例迥异”的原理机制,即小于5 s的最高强度以磷酸原腺苷比例最高,当时间延长,无氧糖酵解供能比例会略高磷酸原腺苷供能,当时间延长至20 s后,无氧糖酵解供比例大于磷酸原腺苷供能。

当运动强度增加至需要以无氧糖酵解分解合成三磷酸腺苷时,肌肉收缩及对外做功将产生大量的乳酸,尤其当乳酸的生成高于清除时便造成乳酸堆积。因此,可以遵循运动结束后乳酸最高值出现的时间曲线来判断;当运动结束呈现最高乳酸值,表示于运动过程中的负荷使个体提早进入无氧糖酵解分解与产能的路径,而产生大量乳酸。反之,于运动结束后越晚出现最大乳酸值时,可表示在此运动过程中,强度负荷增加但个体尚未完全进入无氧糖酵解分解路径,可能减少因酸化而干扰运动表现的发生。本研究运动结束后最大乳酸堆积与出现时间点观察发现,百米完成时间最快者,其结束后乳酸为最高值;完成时间最慢者则乳酸为最低值,推测可能与运动强度及竞技能力有关。Hautier以9名精英级短跑员百米与200 m速度对照乳酸指出,乳酸值约8.5~10.3 mmol/L之间。值得注意的是大约5%~15%总乳酸的量是在运动结束后产生,并同时快速的磷酸肌酸被组成,由此间接可知大部分的乳酸在运动过程中即已产生。Neumann指出肌肉产生乳酸因素,主要是在于运动负荷的关系,运动负荷在本研究是指百米完成时间。本研究对象间的差异,再以运动结束后最大乳酸出现时间点分析,研究发现有2位参与者于运动结束后第7 min(E7)出现,7位参与者于运动结束后第5 min(E5)出现,由此推测高中男子短跑运动员在百米极短极限强度的运动过程中即已产生高乳酸值。相较Neumann所判断的时间点,本研究对象高乳酸值呈现更早,推测其百米高强度运动过程中即已产生高乳酸值及堆积量,其一定程度限制了高中男子运动员百米竞速过程中持续稳定的能量输入与动作技术完成能力。

综上所述,百米速度整体表现不尽相同且水平参差不齐,其与无氧糖酵解能力不足有关。百米分段速度、运动结束后乳酸以及乳酸堆积的比较分析表明:2、6号选手在同年龄段群体中百米运动表现较好,最大及极大速度维持能力不足,1、3、4、5、7、8、9号选手最高速度绝对实力与高速度维持能力均需提升。建议:1)百米竞技水平较低选手易采用重复或间歇性训练发展其无氧糖酵解及ATP供能,兼顾提高绝对速度与高速维持能力,如每周至少3次,以求稳定40—80 m速度与提升80—100 m最后冲刺的续航能力。2)绝对速度较强,高速维持能力不足选手,通过90%最大强度百米负荷,从而提高高中男子百米选手高速度稳定能力,如高速跑步机或下坡跑进行20 s的间歇性高速练习。3)百米短跑竞技能力培养及运动表现呈现,需从技战术、体能、心理等多方面完善提高;尤其针对速度素质发展敏感期的青少年,规范基本动作技术、强调神经肌肉训练、适度增加力量及体能训练、丰富多元训练手段,从而打好坚实技战术及体能基础,最大限度挖掘身体潜质及形成高超竞技能力。

5 结论

高中男子百米跑选手,起跑反应时间、下肢力量与百米总时间3者之间未呈现显著性相关,与精英级别短跑运动员为

研究样本的结论迥异。推测可能与个体下肢力量较低,起跑、加速跑、途中跑等专项技术不规范与熟练有关,从而影响百米跑整体运动表现。

高中男子百米跑选手起跑后最高速度出现时间节点较精英级别选手早,且高速度保持稳定距离角度,后半程及冲击阶段绝对速度下降速率快。推测可能该群体以磷酸原能量储备不足、磷酸原腺苷及糖酵解供能匹配比例不合理与供给能力,上述原因导致高速度保持阶段能量代谢短缺与动作输出不稳定,进而表现为后半程掉速较快、全程分段速度变化起伏较大、整体速度运动表现较差。

高中男子百米跑选手起跑反应时间长、加速度距离短、维持最高速度时间少等运动学训练参数表现,除去下肢力量不足、无氧供能与磷酸原能量储备不足等原因,训练理念下的技术动作习得与战术要求也有关联。起跑技术训练的不重视及弱化、过分强调依靠步频代替步长加速达到最高速度等,一方面过早消耗掉身体储存的磷酸原能量储备,另一方面神经—肌肉的联结与专注度不够,都会很大程度影响身体单薄及发育过程中力量羸弱的高中生百米短跑学生队员运动表现。

6 研究不足及展望

该研究不足主要体现在样本数量较少,方法手段受限等缘由,导致研究观点局限于小众群体或个案个体,不一定具有代表性或全局观;处于发育敏感及快速增长期的高中百米选手,心理成熟度、技术动作稳定性等方面在单次测量的重测信度与效度表现上不一定精准,也可能给实验数据收集比对带来误差。未来或后续研究还是要从动作技术规范、精准化、数量化入手,遵循高中生群体身心发展阶段性特征(敏感性、变化性、突发性、快速性等)制定个体化训练方案、兼顾一般与专项体能训练内容、科学处理训练强度与负荷量关系,为其后百米竞技表现夯实战术基础、延续与挖掘身体机能潜质。

参考文献:

- [1] 苏炳添,程志理,周维方.苏炳添东京奥运会突破“常理”的训练学反思:苏炳添与程志理的训练学对话录之二[J].体育与科学,2021,42(5):1-7+26.
- [2] 郑雪峰,陈辉,苏炳添.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[J].体育科学,2022,42(2):3-11.
- [3] 祝大鹏,李爱玲.优秀室内短距离田径项目运动员起跑反应时与运动成绩的关系研究[J].成都体育学院学报,2019,45(5):80-86.
- [4] 陆晓洲,范运祥,陈辉,等.影响我国男子100 m 跑运动员起跑能力的因素探讨[J].中国体育科技,2022,58(8):3-8.
- [5] 袁晓毅,胡忠忠,苑廷刚,等.博尔特百米跑技术变化对比赛成绩影响的研究:以2009年和2017年世界田径锦标赛为例[J].北京体育大学学报,2021,44(2):71-79.
- [6] 苏炳添,程志理,周维方.运动行为志研究:短跑技术实践叙事:苏炳添与程志理的训练学对话录[J].体育与科学,2020,41(4):38-44.
- [7] 马咪.100 m 途中跑后蹬时的蹬伸与摆腿动作特点及送髋时机研究[J].成都体育学院学报,2020,46(5):96-101+108.
- [8] 王泽峰,毕志远,王新娜,等.不同水平男子百米运动员起跑加速三维技术研究[J].天津体育学院学报,2019,34(2):150-155.
- [9] 王泽峰,何文捷,王新娜,等.我国优秀男子百米运动员起跑加速技术分析[J].中国体育科技,2018,54(5):108-111+145.
- [10] 王泽峰,孟琪,代强,等.我国优秀男子百米选手苏炳添与谢震业起跑加速技术对比研究[J].中国运动医学杂志,2018,37(8):670-675.
- [11] 陈文佳,章碧玉,张建虎.我国男子短跑后备人才专项体能素质与100 m 成绩的关联性研究[J].成都体育学院学报,2019,45(4):85-90.
- [12] 田金.复合式训练干预下大学生篮球运动员下肢肌力及爆发力的比较[J].湖北体育科技,2023,42(3):278-282.
- [13] 陈召.青少年短跑运动员下肢爆发力训练方法的实验研究[J].山东体育学院学报,2013,29(3):81-85.
- [14] 闫俊涛,张烨城,林松.不同水平短跑运动员全程速度节奏对成绩影响的研究[J].沈阳体育学院学报,2018,37(4):84-90.
- [15] 马杰,王泽峰,代强.我国男子百米运动员苏炳添起跑加速技术研究[J].山东体育学院学报,2017,33(2):92-97.
- [16] 戴兴鸿,詹建国.以时间为参照系的训练理念在百米跑运动员专项速度训练中的应用[J].山东体育学院学报,2014,30(6):100-103.
- [17] 邢瑜.基于精确分段计时的高水平短跑训练理论与实践[J].成都体育学院学报,2014,40(6):51-56.
- [18] 刘芳,袁革.中外优秀男子100 m 运动员身体形态、步长、步频与最好成绩特征分析[J].成都体育学院学报,2012,38(8):59-62.
- [19] 朱泉池,陶于.我国男子百米训练理论创新趋势研究——以博尔特为例[J].南京师大学报(自然科学版),2012,35(2):136-140.
- [20] 邢瑜,王培勇,张威,等.100 m 跑高强度运动对心血管的冲击影响[J].成都体育学院学报,2012,38(1):86-91.