

# 世界顶级110米栏运动员身高、体重及克托莱指数特征研究

张玉泉,王宪红,黄爱璠,干小华,王学成

(海南热带海洋学院体育与健康学院,海南 三亚 572022)

**摘要:**采用文献资料法、数理统计法、录像观察法对世界顶级110米栏运动员身高、体重及克托莱指数进行了定量统计分析。结果表明:世界顶级110米栏运动员身高、体重及克托莱指数具有一定的区间范围,顶级运动员体型表现为身材高大、肥瘦匀称、肌肉健壮发达的特点;身高、体重及克托莱指数个体间均有不同程度差异,不同的体型表现出不同的运动员技术类型特征(速度型、技术型、力量型),技术类型不同其体型也有差别;顶级运动员身高与体重、体重与克托莱指数间呈显著正相关,克托莱指数更大程度上蕴涵了体重的信息量,身高和克托莱指数在运动员竞技能力的构成因素中更具有生理学、形态学和训练学意义;顶级110米栏运动员身高与体重的标准化回归方程为: $Y = -81.989 + 0.588X$ ,经检验具有显著性意义,可作为选材和检控110米栏运动员身高与体重指标合理匹配的依据。

**关键词:**世界顶级110米栏运动员;身高;体重;克托莱指数

中图分类号:G 822.6

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2023)01-0080-06

## Characteristics of the Height, Weight and Quetelet Index of the World's Top 110-m Hurdles Athletes

ZHANG Yu-quan, WANG Xian-hong, HUANG Ai-luan, GAN Xiao-hua, WANG Xue-cheng

(School of Physical Education and Health, Hainan Tropical Ocean University, Sanya 572022, China)

**Abstract:** This study performs a quantitative analysis of the height, weight and Quetelet index of the world's top 110-m hurdles athletes using literature data, mathematical statistics, and video observation methods. The results show that the height, weight and Quetelet index of the world's top 110-m hurdles athletes have a specific range. The top athletes have the characteristics of being tall, thin and well-proportioned, with muscles solid and developed. Their height, weight and Quetelet index of individuals have varying degrees of difference, and different body types show three different characteristics of athletes' technical types: speed, technique, and strength. Different technical types indicate different body types. Top athletes' height and weight, weight and Quetelet index show a significant positive correlation, while Quetelet index implies more information about weight. Height and Quetelet index have more physiological, morphological and training significance in the constitutive factors of athletes' competitive ability. We conclude the standardized regression equation of the top 110-m hurdles athlete's height and weight as  $Y = -81.989 + 0.588X$ , which shows statistical significance after testing and can be used as criteria for selecting and inspecting 110-m hurdle athletes for reasonable matching of height and weight indicators.

**Key words:** the world's top 110-m hurdles athletes; height; weight; Quetelet index

随着现代运动训练水平的日益提高,综合运用社会、生理、心理、自然等学科科学技术向人类体能极限的不断挑战,运动员的竞技能力被进一步挖掘,世界顶级110米栏运动员(跑进13 s选手)成绩已达到相当高的水平(目前世界纪录为12.80秒,由美国名将梅里特在北京时间2012年8月8日凌晨创造)。运

动员的运动能力日趋接近人类体能生理极限,运动员的先天基础条件已成为选材标准中的重要指标,其选材标准亦更加科学、精细和模式化。新时期世界顶级110米栏运动员身材呈现“高大化”特征,而身高、体重和克托莱指数(体重/身高 $\times 1\,000$ )作为最基础的形态指标在110米栏运动员的选材中显得尤为重

要<sup>[1-2]</sup>。综观以往研究发现,目前关于 110 米栏运动的研究多集中于运动员技术、战术、心理及训练层面,而对运动员身体形态方面的研究甚少,尤其针对世界顶级 110 米栏运动员身体形态选材模式和评价标准的定量研究未见有报道。本文从运动员选材学、人体形态学、运动潜能学和现代训练理论的角度,试图通过对 20 名世界顶级 110 米栏运动员身高、体重及克托莱指数进行量化统计分析,探求世界顶级 110 米栏运动员基础形态特征,科学构建运动员选材模式和评价标准,为我国该项目科学选材与运动训练提供理论依据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

男子 110 米栏能否跑进 13 s 是区分顶级与普通运动员的标志。截止 2019 年 12 月,运动员在合法风速的竞赛规则下(顺风平均风速不超过 2 m/s),共有 20 人跑进 13 s 大关。以 20 名跑进 13 s 的世界顶级 110 米栏运动员身高、体重及克托莱指数指标为研究基础数据(见表 1)。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 文献资料法

通过中国田径协会官方网站、国际田联官方网站等网络资源,收集到跑进 13 s 的 20 名世界顶级 110 米栏运动员身高、体重和最好成绩以及相关信息<sup>[3-4]</sup>,剔除信息不全的数据资料,全部数据具有较强的权威性和可信度。

#### 1.2.2 录像观察法

通过 Internet 网络资源下载与本研究相关的 20 名世界顶级 110 米栏运动员比赛视频,通过比赛视频精细观看分析运动员身体形态特征、起跑至第一栏技术、跨栏步技术、栏间跑技术、全程跑跨结合以及终点冲刺跑技术。

#### 1.2.3 数理统计法

对 20 名世界顶级 110 米栏运动员的身高、体重指标进行数据汇总,并根据公式(体重/身高×1 000)计算其克托莱指数,数据均采用平均数±标准差表示。采用 SPSS 26.0 软件在计算机上完成描述性分析、CV(变异系数分析)、Spearman(斯皮尔曼相关分析)和 Regression(回归分析)。

表 1 世界顶级 110 米栏运动员基本情况一览表(跑进 13 秒选手)

序号	姓名	国籍	出生年月	身高/cm	体重/kg	克托莱指数	最好成绩/s
1	阿里斯·梅里特	美国	1985 年 7 月	191	84	439.79	12.80
2	大卫·奥利弗	美国	1982 年 4 月	188	92	489.36	12.89
3	阿兰·约翰逊	美国	1971 年 3 月	178	75	421.35	12.92
4	戴龙·罗伯斯	古巴	1986 年 11 月	192	80	416.67	12.87
5	刘翔	中国	1983 年 7 月	189	87	460.32	12.88
6	科林·杰克逊	英国	1967 年 2 月	183	77	420.77	12.91
7	罗杰·金多姆	美国	1962 年 8 月	185	91	491.89	12.92
8	特伦斯·特拉梅尔	美国	1978.11.23	188	84	446.81	12.95
9	贾森·理查德森	美国	1986 年 4 月	188	77	409.57	12.98
10	多米尼克·阿诺德	美国	1978 年 11 月	185	86	464.86	12.90
11	奥兰多·奥尔特加·阿莱乔	古巴	1991 年 7 月	189	75	396.83	12.94
12	格兰特·霍洛威	美国	1997 年 11 月	188	86	547.47	12.98
13	帕斯卡·马丁诺·拉加德	法国	1991 年 9 月	189	85	449.74	12.95
14	谢尔盖·舒本科夫	俄罗斯	1990 年 10 月	190	75	394.74	12.92
15	雷纳尔多·内赫米亚	美国	1959 年 3 月	196	92	469.39	12.93
16	拉基·杜库雷	法国	1983 年 3 月	183	72	393.44	12.97
17	阿里斯·梅里特	美国	1985 年 7 月	185	72	389.19	12.92
18	帕奇·门特	牙买加	1990 年 6 月	196	90	459.18	12.94
19	奥兰多·奥特加	哥伦比亚	1991 年 7 月	185	70	378.38	12.94
20	罗尼-阿什	美国	1988 年 7 月	188	94	500.00	12.98

## 2 研究结果与分析

### 2.1 世界顶级 110 米栏运动员身高、体重、克托莱指数及最好成绩均值特征

表 2 为世界顶级 110 米栏运动员身高、体重、克托莱指数及最好成绩数值正态分布检验的结果。因样本观察值的总数小于 50,故采用 Shapiro-Wilk 统计

量检验,其中身高变量为 0.950,显著性概率值  $P = 0.367 > 0.05$ ;体重变量为 0.933,显著性概率值  $P = 0.176 > 0.05$ ;克托莱指数变量为 0.956,显著性概率值  $P = 0.459 > 0.05$ ;最好成绩变量为 0.913,显著性概率值  $P = 0.073 > 0.05$ ;上述 4 组数值均接受虚无假设,表示世界顶级 110 米栏运动员身高、体重、克托莱指数及最好成绩均为正态分布。

表 2 正态检验摘要表

变量	Kolmogorov – Smirnov 检验 (a)			Shapiro – Wilk 正态性检验		
	统计量	自由度	显著性	统计量	自由度	显著性
身高/cm	0.169	20	0.138	0.950	20	0.367
体重/kg	0.152	20	0.200*	0.933	20	0.176
克托莱指数	0.129	20	0.200*	0.956	20	0.459
最好成绩/s	0.159	20	0.200*	0.913	20	0.073

\*. 为真显著性的下限,a. Lilliefors 显著性修正。

经描述统计(见表 3),世界顶级 110 米栏运动员最好成绩均值为 12.925 s,表现出极高的竞技水平,而标准差和变异系数分别为 0.043 和 0.333%,标准差和变异系数极小,即离散程度和变异程度极小,预

示世界顶级 110 米栏运动员们的最好成绩十分接近,运动员抵达终点名次和成绩的判定需判读到 1/100 s 甚至 1/1 000 s 才能分出胜负。

表 3 世界顶级 110 米栏运动员身高、体重、克托莱指数及最好成绩描述统计

变量	n	平均数 ± 标准差	变异系数	最大值	最小值	95% 置信区间
身高/cm	20	187.800 ± 4.262	2.269 %	196.000	178.000	185.869 ~ 190.020
体重/kg	20	82.200 ± 7.634	9.287 %	94.000	70.000	78.520 ~ 84.927
克托莱指数	20	441.988 ± 44.288	10.020 %	547.470	378.380	422.248 ~ 456.794
最好成绩/s	20	12.925 ± 0.043	0.333 %	12.980	12.800	12.908 ~ 12.946

身高反映了人体骨骼的发育情况,是评价运动员纵向发育水平的主要基础形态指标。人体身高的生长发育有着较强的稳定性,在相同的条件或环境下,身高的遗传度可高达 0.75,即人体身高 75% 取决于遗传因素,仅有 25% 取决于后天的努力以及各种外界环境条件。运动员身高对跨栏跑技术具有显著影响,是跨栏跑运动成绩的重要预测指标,当今世界 110 米栏运动员身材呈“高大化”特征。由表 3 可见,世界顶级 110 米栏运动员平均身高为 187.8 cm,最高达 196 cm,最低为 178 cm。而身高标准差和变异系数分别为 4.262 和 2.269%,标准差和变异系数较

大,即离散程度和变异程度较大,表明世界顶级 110 米栏运动员身高指标具有不同程度差异,其 95% 置信区间为 185.869 ~ 190.020,这与曾凡辉和石亚东等人研究的 110 米栏运动员身高选材数值范围相吻合<sup>[5-6]</sup>,而吴静祎等人研究的身高选材数值范围偏高(190 ~ 211 cm)<sup>[7]</sup>。高身材运动员对跨栏跑技术有如下优势:(1)身材高则下肢长、重心高、步幅大,能更快地完成起跑至第一栏技术,同时也有利于由“8 步上栏”改为“7 步上栏”的跨栏跑技术;(2)高身材运动员身体重心高,有利于跨越固定高度的栏架(106.7 cm),无需做“折刀式”倾体动作,过栏重心起

伏波动小、腾空高度低、腾空和过栏时间短,运动轨迹平稳,使其跨栏步技术更接近平跑,体现了“跑栏”技术的经济性和实效性特点;(3)高身材运动员过栏与栏间跑衔接更加紧密、重心波动小,增强了整体技术的直线性和向前性,有利于3步轻松跑过固定的栏间距离(914 cm),更能保持较快的栏间速度;(4)高身材对于栏架高度占有心理优势,跑跨结合流畅、灵活、轻松、自然,保持正确技术的能力较强,全程跨栏周期速度较快、动作不变形、节奏稳定,更加符合“直、高、快、前、稳”的全程跨栏跑技术特点与要求。但110米栏运动员的身高也不宜过高,若身高超过一定的范围则会使栏间3步跑得拘谨,且会降低过栏的灵巧性和协调性,影响全程跨栏跑技术节奏。另外,在身高和下肢长度一定时,小腿较长者则更有利于起跨时摆动腿高抬,加快起跨腿屈膝外展折叠,提高栏上两腿剪绞动作,缩短过栏时间,同时运动员踝围细、跟腱长则小腿肌力更大,快速力量也更强。

体重反映的是人体肌肉和骨骼横向生长发育状况的形态指标,该指标从某种意义上表明人体的质量、力量素质、营养状况等;克托莱指数反映的是人体形态的密度及其充实度,是人体形态发育水平及匀称度的重要复合指标,以每厘米身高的体重来表示其比例关系,以相对体重或等长体重反映人体围度、宽度和厚度以及机体组织密度,故克托莱指数又称肥瘦系数。

有研究表明,运动员肌肉力量大小与体重密切相关,体重大则肌肉生理横断面较大,其肌肉绝对力量也大。<sup>[8]</sup>跨栏项目运动员的体重及克托莱指数应适宜,若体重及克托莱指数过大会影响其速度、灵巧及其协调性,体重及克托莱指数过小又会影响其肌肉力量与爆发力。由表3可知,世界顶级110米栏运动员体重及克托莱指数均值分别为82.200 kg和441.988,体重及克托莱指数95%置信区间分别为78.520~84.927和422.248~456.794。通过观看比赛录像对顶级运动员体型的观察分析并结合其身高、体重及克托莱指数特征,表明世界顶级110米栏运动员体型表现为身材高大、肥瘦匀称、肌肉健壮发达的特点。而顶级运动员体重的标准差和变异系数分别为7.634和9.287%,克托莱指数的标准差和变异系数分别为44.288和10.020%,预示体重及克托莱指数的标准差和变异系数均较大,即离散程度和变异程度较大,表明世界顶级110米栏运动员体重及克托莱指数个体间均有不同程度差异。不同的体型(身高、

体重及克托莱指数)表现出不同的运动员技术类型特征:包括速度型选手(梅里特和罗伯斯等)、技术型选手(刘翔和阿诺德等)、力量型选手(奥利弗和金多姆等),技术类型不同其体型也有差别。

## 2.2 世界顶级110米栏运动员身高、体重及克托莱指数斯皮尔曼相关分析

身高、体重及克托莱指数是衡量人体生长发育状况的三个重要的基础形态指标,尽管运动员身高、体重和克托莱指数间存在年龄、性别、种族以及专项和训练年限的差别,但在运动员生长发育和全程性多年训练过程中,将彼此协调,并遵循一定的人体生理学、形态学和运动训练学规律。人体身高的增长主要取决于骨骼,尤以下肢骨的增长为主;而体重主要取决于肌肉、骨骼、脂肪和体液等成分含量,其中肌肉的含量比例最大,一般人的肌肉约占体重的40%,而运动员的肌肉约占体重的50%。肌肉含量愈高,人体能量代谢愈旺盛,运动能力就愈强。克托莱指数作为身高与体重的派生指标,反映了运动员在生长发育和全程性多年训练过程中,身高和体重的合理协调关系比例。其合理性在于身高主要受遗传基因的控制,并受后天外界环境的影响,而体重更多受环境、营养、行为因素及全程性多年运动训练的影响。

根据相关系数计算原理,若样本观察值小于50,就只有采取等级评定,即采用斯皮尔曼(Spearman)或肯德尔(Kendall)计算相关系数的办法。依此对世界顶级110米栏运动员身高、体重及克托莱指数进行了斯皮尔曼(Spearman)相关分析(见表4),世界顶级110米栏运动员的身高与体重( $r = 0.588, P = 0.021 < 0.05$ )、体重与克托莱指数( $r = 0.864, P = 0.000 < 0.01$ )间呈显著正相关,身高与克托莱指数( $r = 0.229, P = 0.331 > 0.05$ )间呈低度相关。但克托莱指数与体重的相关优于体重与身高的相关,而体重与身高的相关又优于身高与克托莱指数的相关,其中体重与克托莱指数之间几乎构成了线性关系,预示二者之间存在密切的相互依存关系,克托莱指数更大程度上蕴涵了体重的信息量。由于运动员身高、体重及克托莱指数与运动成绩的关联序表现为:身高>克托莱指数>体重<sup>[9]</sup>,因此今后在运动员选材中应优先考察身高和克托莱指数,身高和克托莱指数在运动员竞技能力的构成因素中更具有生理学、形态学和训练学意义。

表 4 世界顶级 110 米栏运动员身高、体重及克托莱指数相关矩阵

指标	身高	体重	克托莱指数
身高	1	0.588 *	0.229
显著性(双尾)	.	0.021	0.331
<i>n</i>	20	20	20
体重	0.588 *	1	0.864 **
显著性(双尾)	0.021	.	0.000
<i>n</i>	20	20	20
克托莱指数	0.229	0.864 **	1
显著性(双尾)	0.331	0.000	.
<i>n</i>	20	20	20

\* 表示在 0.05 级别(双尾),相关性显著; \*\* 表示在 0.01 级别(双尾),相关性显著。

### 2.3 世界顶级 110 米栏运动员身高、体重及克托莱指数的回归分析

由相关矩阵(见表 4)可知,世界顶级 110 米栏运动员身高与体重的相关系数为 0.588,不相关假设成立的概率为  $P = 0.021 < 0.05$ ,表示身高与体重存在显著正相关关系,预测变量间可能有共线性问题,建立线性回归方程具有统计学意义。表 5 是建立回归模型时变量的选入和删除变量的情况,以及变量进入回归模型中的分析方法。校标变量为体重,进入的预测变量为身高(仅有一个预测变量),采用强迫进入变量法建立回归方程。

表 5 回归分析中选入和删除变量的情况

模型	选入的变量	删除的变量	方法
1	身高(a)	.	强迫进入法

a. 已输入所请求的所有变量;b. 因变量:体重。

表 6 为回归模型摘要表。对建立的回归模型拟合优度进行分析,预测变量为身高,其中多元相关系数  $R$  为 0.588,决定系数  $R^2$  为 0.518,调整后的  $R^2$  为 0.506,回归模型误差均方和(MSE)的估计标准误差为 4.845,表明回归模型的拟合优度较高。

表 6 回归模型摘要表

模型	$R$	$R^2$	调整后 $R^2$	标准估算的误差
1	0.588(a)	0.518	0.506	4.845

a. 预测变量:(常量),身高。

表 7 为回归模型的方差分析摘要表。通过对整个回归模型对整体模拟程度的检验,即回归模型中的变异量显著性检验(ANOVA),结果显示, $F$  值为 5.632,显著性检验的  $P$  值为 0.029,小于 0.05 的显著性水平,表明该回归模型整体解释变异量达到显著性水平,回归模型的效果显著,即采用所得的回归模型预测结果的准确性可靠。

表 7 回归模型的方差分析摘要表

模型		平方和	自由度	均方	$F$	$P$
1	回归	263.856	1	263.856	5.632	0.029(a)
	残差	843.344	18	46.852		
	总计	1107.200	19			

a. 预测变量:(常量),身高;b. 因变量:体重。

表 8 为回归模型的方程系数摘要表。标准化回归系数(Beta)的绝对值愈大,表示预测变量对校标变量的影响愈大,其解释校标变量的变异量亦就愈大。由统计所得回归系数可以得到一个未标准化的回归方程: $Y = -81.989 + 0.874X$ (其中  $Y$  为体重, $X$  为身高;即直接用身高来预测体重指标)。未标准化的回归系数(B)一般用于以回归方程式进行估计样本的预测值,较侧重实际取向,但因非标准化回归系数含有常量(截距),故无法比较预测变量的相对重要性,

所以通常会将原回归方程转化为标准化回归方程。其标准化回归方程为: $Y = -81.989 + 0.588X$ (其中  $Y$  为体重, $X$  为身高;即将身高指标标准化以后预测体重),身高与体重的相关系数为 0.588。由表 8 可见,常数项的  $t$  值为 -2.285,显著性检验的  $P$  值为 0.035,达到显著性水平;而预测变量身高的  $t$  值为 2.373,显著性检验的  $P$  值为 0.029,亦达到显著性水平。预示用 110 米栏运动员身高指标来预测体重的可靠性、可信度较高,可以用 110 米栏运动员的身高

来预测体重指标。考虑到 110 米栏运动员身高与体重的相关系数较大,具有显著性意义,回归方程通过

检验,该方程可作为选材和检控 110 米栏运动员身高与体重指标是否合理匹配的依据。

表 8 回归方程系数摘要表

模型		未标准化系数		标准化系数	<i>t</i>	<i>P</i>
		B	标准误差	Beta		
1	(常量)	-81.989	69.204		-2.285	0.035
	身高	0.874	0.368	0.588	2.373	0.029

b. 因变量:体重。

3 结论与建议

(1)世界顶级 110 米栏运动员的平均身高为 187.800±4.262 cm,体重为 82.200±7.634 kg,克托莱指数为 441.988±44.288;其 95 % 置信区间:身高为 185.869 ~ 190.020 cm,体重为 78.520 ~ 84.927 kg,克托莱指数为 422.248 ~ 456.794;世界顶级 110 米栏运动员体型表现为身材高大、肥瘦匀称、肌肉健壮发达的特点。

(2)世界顶级 110 米栏运动员身高、体重及克托莱指数个体间均有不同程度差异,不同的体型(身高、体重及克托莱指数)表现出不同的运动员技术类型特征:包括速度型、技术型、力量型,技术类型不同其体型也有差别。

(3)世界顶级 110 米栏运动员的身高与体重、体重与克托莱指数间呈显著正相关,克托莱指数更大程度上蕴涵了体重的信息量,身高和克托莱指数在运动员竞技能力的构成因素中更具有生理学、形态学和训练学意义。

(4)通过对世界顶级 110 米栏运动员身高与体重的回归分析,建立世界顶级 110 米栏运动员身高与体重的标准化回归方程: $Y = -81.989 + 0.588X$ ,经检验具有显著性意义,可作为选材和检控 110 米栏运

动员身高与体重指标合理匹配的依据。

参考文献

[1]田麦久. 项群训练理论[M]. 北京:人民体育出版社,1998.

[2]张玉泉,张华新. 中外优秀田径选手身高、体重和克托莱指数的比较研究[J]. 北京体育大学学报,2002,25(6): 789-791.

[3]国际田联官方网站[EB/OL]. [2021-05-20]. <https://www.worldathletics.org>.

[4]中国田径协会官方网站[EB/OL]. [2021-05-20]. <http://www.athletics.org.cn>.

[5]曾凡辉,王路德,邢文华,等. 运动员科学选材[M]. 北京:人民体育出版社,1992.

[6]石亚东. 男子 110 米栏“三大特征”的综合研究[D]. 成都:成都体育学院,2013.

[7]吴静祎,张良,于鸿雁,等. 110 米栏运动员的身高选材模式探析[J]. 体育科技文献通报,2010,18(3):35-36.

[8]王瑞远,孙学川,熊开宇. 运动生理学[M]. 北京:人民体育出版社,2003.

[9]曹景伟,李军. 论当今世界优秀田径运动员身高体重和克托莱指数的项群特征[J]. 体育科学,2000,20(2):43-45.

[10]王晓芬. 体育统计与 SPSS[M]. 北京:人民体育出版社,1998.

[责任编辑 江国平]