

●运动人体科学●

全球田径运动员年龄分布、演变及表现巅峰年龄研究 ——基于2019—2024年IAAF数据的挖掘与分析

张琳^{1,5}, 薛皓元², 于善³, 刘耀荣⁴

(1.西安体育学院 信息化建设处, 陕西 西安 710068; 2.西安体育学院 研究生部, 陕西 西安 710068; 3.西安体育学院 运动训练学院, 陕西 西安 710068; 4.西安体育学院 体育教育学院, 陕西 西安 710068; 5.西安交通大学 生命科学与技术学院, 陕西 西安 710049)

摘要: **目的** 分析2019—2024年全球田径运动员年龄分布、演变及表现巅峰年龄, 探讨性别和项目间的共性与差异。**方法** 基于IAAF公开数据, 利用Python语言编写程序, 对21个项目共59 831名运动员展开计量和可视化分析。**结果** 1) 男女运动员年龄分别集中于19—30岁和17—30岁, 女性在多项统计指标上低于男性。2) 径赛类运动员表现巅峰年龄随距离增加而上升。田赛中技术越复杂的项目, 运动员表现巅峰年龄越大。3) 呈显著年轻化趋势的项目代表为女性跳高, 其精英运动员平均年龄由25.22岁降至23.90岁。年长化特征则在马拉松项目中表现突出。**结论** 应重视不同性别和项目运动员的年龄特征和表现巅峰年龄差异, 制定个性化培养策略, 优化选拔机制, 完善职业生涯规划。

关键词: 田径项目; 年龄分布; 性别差异; 表现巅峰年龄; 运动员职业生涯

中图分类号: G82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-983X(2025)02-0041-07

DOI: 10.20185/j.cnki.1003-983X.2025.02.008

Age Distribution, Evolution and Peak Performance Age of Global Track and Field Athletes (2019–2024)

ZHANG Lin^{1,5}, XUE Haoyuan², YU Shan³, LIU Yaorong⁴

(1.Xi'an Physical Education University, Information Technology and Network Management Center, Xi'an Shaanxi, 710068; 2.Xi'an Physical Education University, School of Graduate Studies, Xi'an Shaanxi, 710068; 3.Xi'an Physical Education University, School of Sports Training, Xi'an Shaanxi, 710068; 4.Xi'an Physical Education University, School of Physical Education, Xi'an Shaanxi, 710068; 5.Xi'an Jiaotong University, School of Life Science and Technology, Xi'an Shaanxi, 710049)

Abstract: **Objective** To analyze the age distribution, evolution and peak performance age of global track and field athletes from 2019 to 2024, exploring commonalities and differences across genders and events. **Methods** Based on the IAAF dataset, a Python program was developed to conduct quantitative and visual analysis on 59,831 athletes across 21 events. **Results** 1) Male and female athletes' ages were concentrated between 19–30 years old and 17–30 years old respectively, with females scoring lower on multiple statistical indicators. 2) Peak performance age in track events increased with distance. In field events, more technically complex disciplines showed higher peak performance ages. 3) Women's high jump exemplified a significant trend towards younger athletes, with the average age of elite athletes decreasing from 25.22 to 23.90 years old. The marathon event exhibited the most prominent aging trend. **Conclusion** Attention should be paid to the age characteristics of athletes of different genders and sports and the differences in the peak age of performance, so as to formulate personalized training strategies, optimize the selection mechanism and improve career planning.

Keywords: track and field; age distribution; gender differences; peak performance age; athletic career

收稿日期: 2024-10-25

基金项目: 中国田径协会科技攻关与科技服务项目(TJQS-ZX-20220003); 西安市社会科学基金一般项目(23TY84); 陕西省体育局一般项目(20240417); 陕西本科和高等继续教育教学改革研究项目(23BZ043); 中国竞走学校(2021年度)综合科技攻关与科技服务项目(2021TJ01012)。

第一作者简介: 张琳(1988~), 女, 陕西西安人, 博士, 工程师, 研究方向: 体育教育信息化、体育大数据。

通讯作者简介: 刘耀荣(1972~), 男, 甘肃天水人, 博士, 教授, 研究方向: 体育大数据、体能训练, E-mail: yaorongliu@126.com。

年龄是影响运动表现的关键因素之一^[1-2], 有关运动员表现巅峰年龄(Peak Performance Age, PPA)的研究也一直是体育科学领域的重要议题^[3-5]。作为奥运金牌产出最多的三大项目之一, 田径运动历来被视为衡量各国综合体育实力的标志。我国《“十四五”体育发展规划》要求“大力发展田径、游泳基础大项, 不断提高竞技水平”, 并在专栏5中特别指出, 以田径、篮球、足球等项目为重点推广普及。尽管已有部分研究聚焦田径运动员的年龄变化或PPA, 但大多局限于特定项目或时间段, 覆盖面有限, 数据也较为陈旧^[6-9]。因此, 本研究旨在全面

收集 2019—2024 年全球田径运动员的年龄数据,利用 Python 语言编写程序展开计量统计、假设检验、聚类分析等定量研究,并深入探讨跨性别和跨项目运动员年龄特征共性与差异(包括 PPA)的形成原因。旨在揭示近 6 年运动员年龄分布演变的同时,为各田径项目运动员的选拔、巅峰期表现评估、训练策略制定,以及职业生涯和长期发展规划提供参考和新依据。

1 数据来源与方法

1.1 数据来源

根据国际奥委会公布的 2024 年巴黎奥运会及 2020 年东京奥运会田径项目资格获取途径 2 中多数项目的排位期截止日期要求^[10],以每年 6 月底为时间点,采集国际田径联合会(International Association of Athletics Federations, IAAF)官方网站于 2019—2024 年公布的积分榜(由于 2020 年 6 月数据缺失,采用 3 月底数据代替)。该榜单几乎涵盖当时全球所有专业田径运动员,包含排名、姓名、年龄、国家、总积分等字段。其中,运动员在每场比赛中的积分由成绩得分和名次得分 2 个关键因素组成,而总积分可用于评价运动员在某时期的整体竞技表现^[11]。

1.2 数据预处理

对兼项运动员进行重编码,仅保留其主项用于后续分析,同时对不同距离的竞走运动员进行合并。对以 10 km 公路赛、越野赛和半程马拉松(尚未被纳入奥运会)为主项的运动员和缺失出生时间的运动员作删除处理,并依据榜单时间计算其余运动员的年龄(保留两位小数位)。根据每个采集年份,对性别和项目划分亚组,计算运动员积分的 75%分位数,并以此作为参考线划分运动员的竞技表现等级(精英:前 25%;非精英:后 75%)。

清洗后的数据集(Ranking Dataset, RD)共包含 134 215 条记录,纳入来自 199 个国家,分属 21 个单项的 59 831 位运动员(30 557 位男性和 29 274 位女性)。来自不同采集时间的 RD 亚组样本量信息如表 1 所示。由于所有数据都是公开可用的(<https://www.worldathletics.org/world-rankings>),因此本研究不需要许可或知情同意。

表 1 RD 各年份亚组的样本量信息统计表

RD 亚组	性别	总体/人	精英/人
2019	男	9 304	2 035
	女	8 643	2 018
2020	男	9 936	2 506
	女	3 110	2 450
2021	男	10 185	3 268
	女	9 339	3 124
2022	男	9 660	2 788
	女	8 895	2 602
2023	男	9 937	2 955
	女	9 120	2 647
2024	男	20 260	3 854
	女	19 826	3 519

1.3 方法与工具

主要使用 Python 语言,结合 NumPy、Pandas、SciPy、Matplotlib、Seaborn 等工具包编写程序脚本,进行统计分析和模型构建。部分表格整理和制图采用 Microsoft Excel 2016 辅助完成。

采用 D'Agostino 和 Pearson's Test 完成正态性检验。对于服从正态分布的数据集,采用独立样本 t 检验(二分类变量)和单因素方差分析(ANOVA,多分类变量)进行差异性检验,统计描述使用均值±标准差($mean \pm SD$)。不服从正态分布的数据集,采用 Mann-Whitney U 检验(二分类变量)和 Kruskal-Wallis H(多分类变量)进行差异性检验,使用 Dunn's 进行事后比较,统计描述则采用中位数±四分位距($median \pm IQR$)。为识别 2024 年两性精英运动员在不同项目间的年龄分布相似性,采用 t-SNE 进行聚类分析。研究过程中统计显著性水平设定为 $p < 0.05$ 。

2 结果

2.1 年龄分布

2.1.1 2024 年巴黎奥运会备赛期运动员的年龄分析

2024 巴黎奥运会备赛期全球男性和女性田径运动员整体的年龄分布如图 1 所示。由图 1 可见,两性运动员的年龄均呈正偏态(右偏态)分布,其中男性主要集中在 19—30 岁,女性则为 17—30 岁,略早于男性。

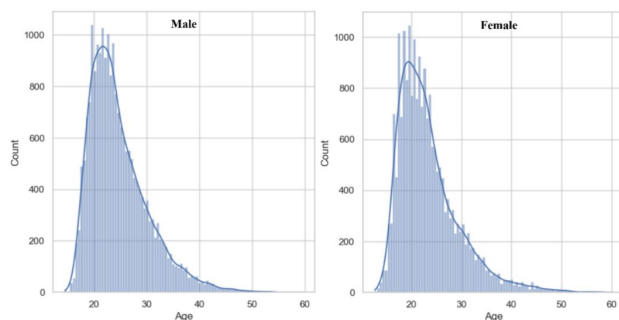


图 1 男性和女性田径运动员的年龄分布(2024 年数据)

Mann-Whitney U 检验结果表明,2024 年男性和女性运动员的总体年龄分布存在显著差异($U=253\ 257\ 619.500, p < 0.001$)。进一步观察发现,除最大值外,女性运动员在极小值、25%分位数、中位数和 75%分位数上均低于男性。Kruskal-Wallis H 检验结果显示,不同项目间运动员整体的年龄分布也存在显著差异($H=11\ 381.887, p < 0.001$)。男性和女性运动员作为独立数据集的跨项差异检验热图显示(图 2),无论男女,马拉松运动员的年龄分布均与其他项目存在显著区别($p < 0.01$),而未检出显著性差异的项目存在竞技能力构成要素和运动成绩影响因素结构相近的特点。

2.1.2 演进分析

由于每年的数据中,各项目男性和女性运动员的年龄均不服从正态分布,根据研究目标,将各亚组视为独立样本进行的组间 Kruskal-Wallis H 检验结果显示:除女性竞走和标枪项目,以及男性铅球、10 000 m 和铁饼项目的运动员年龄分布在近 6 年间相对稳定外,绝大多数短跑、中长跑项目以及部分跳跃项目的运动员年龄分布在不同年份间存在显著差异($p < 0.01$)。

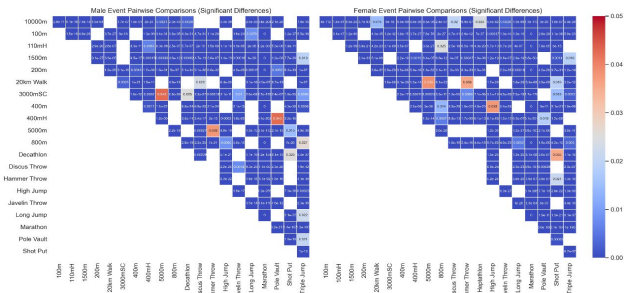


图 2 男性和女性运动员在各田径项目中的年龄分布差异热图(2024 年数据)

该差异主要体现在：①各亚组运动员的年龄分布在 6 年间经历不同程度的波动,最典型的表现普遍在 2021 年出现年龄峰值;②截至 2024 年,两性运动员多在体能主导类快速力量性项目以及竞走项目中呈现出年轻化,在体能主导类耐力性项目中表现出年长化特征;③2019—2024 年女性运动员的年龄波动明显,如竞走项目从 25.87 岁降至 24.50 岁,马拉松项目从 30.48 岁增至 32.81 岁。2019—2024 年间各项目男性和女性运动员的年龄中位数如表 2 所示。

2.2 表现巅峰年龄研究

2.2.1 精英组与普通组运动员年龄分布的正态性和差异性检验

对不同项目两性精英和非精英组运动员年龄分布进行正态性检验,结果显示,所有非精英组运动员的年龄均不服从正态分布,而大部分精英组运动员的年龄分布服从正态性。不同时期各项目两性精英和非精英组运动员年龄分布的差异性检验结果显示,除 2024 年 10 000 m 男性运动员外($p=0.11$),其余所有亚组运动员在 6 年间的年龄分布均存在显著差异 ($p<0.01$)。由 2024 年精英组和非精英组运动员的年龄分布箱图(图 3)可见,除马拉松项目外,精英运动员的年龄普遍高于非精英,且离群值较少,数据更显集中,说明针对精英运动员年龄的专门研究更具价值。

2.2.2 精英组运动员年龄分布随时间的变化特征

Kruskal-Wallis H 检验结果显示,男性在马拉松、10 000 m、100 m 和 200 m 项目中,女性在马拉松、跳远、400 m 和 200 m 项目中,精英运动员年龄在 6 年间变化显著($p<0.01$,图 4)。由图 4 可见,除同样在 2021 年出现年龄峰值外,10 000 m 男性精英的平均年龄从 2019 年的 24.35 岁持续增长至 2021 年(25.52 岁),且保持到 2023 年才有所回落。此外,存在显著年长化趋势的项目包括:女性 400 m (运动员平均年龄从 2019 年的 23.03 岁上升至 2024 年的 24.49 岁)和马拉松项目(男性和女性运动员的平均年龄分别由 2019 年的 28.77 岁和 28.74 岁,增加至 2024 年的 30.04 岁和 30.08 岁)。与之相反的,女性跳远精英的平均年龄由 2019 年的 25.22 岁,降至 2024 年的 23.90 岁,呈现较为平稳的年轻化趋势。

表 2 2019—2024 年田径各项目男性和女性运动员的年龄中位数统计表

项目	男性/岁						女性/岁					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019	2020	2021	2022	2023	2024
100 m	22.17	22.81	23.30	22.58	22.55	21.90	21.00	21.37	22.00	21.35	21.53	19.98
200 m	21.90	22.40	22.98	22.085	22.14	21.52	21.06	21.84	22.33	21.92	22.00	20.00
400 m	22.12	22.62	23.29	22.92	22.72	22.06	21.50	22.09	22.75	21.95	22.17	20.81
110、100 m 栏	23.00	23.62	23.72	22.99	23.12	22.99	21.54	22.10	22.37	22.00	22.00	21.31
400 m 栏	22.86	23.12	23.76	23.16	22.80	22.37	21.91	22.23	23.36	22.29	22.22	21.85
800 m	22.76	23.04	23.76	23.26	23.00	22.20	22.40	22.86	23.38	22.31	22.59	21.14
1 500 m	23.52	24.29	24.11	24.02	24.22	23.24	22.71	23.44	23.78	23.22	22.81	22.52
3 000 m 障碍	23.81	24.55	25.15	23.91	23.85	23.42	22.28	23.08	23.98	23.23	22.96	22.78
5 000 m	24.21	24.78	25.00	24.48	24.51	23.92	22.43	23.26	24.54	23.43	23.16	23.52
10 000 m	24.20	24.33	24.65	24.28	24.31	24.60	24.19	24.00	25.09	25.89	25.90	24.88
马拉松	30.26	30.40	31.04	30.83	30.78	31.33	30.48	31.01	31.65	31.03	31.17	32.81
竞走	25.26	24.02	25.25	26.24	25.78	24.46	25.87	24.63	25.34	25.94	25.87	24.50
跳远	22.99	23.31	23.96	22.95	22.94	22.26	21.94	22.24	22.77	22.18	22.23	21.00
跳高	22.50	22.78	23.64	22.955	22.78	21.65	21.81	22.44	22.80	22.23	22.33	20.54
撑竿跳	22.64	22.89	23.38	23.035	23.27	22.02	22.91	23.56	23.96	23.49	24.00	22.58
三级跳	23.06	23.53	24.46	23.69	23.50	22.75	22.56	22.72	23.58	23.13	22.86	21.95
铅球	24.61	24.80	25.35	25.18	24.48	24.18	24.15	24.29	25.12	24.65	24.32	23.24
标枪	24.80	24.81	25.88	25.12	25.45	24.23	24.55	25.37	25.40	25.70	26.20	24.08
链球	24.66	25.33	25.38	25.77	25.98	24.39	24.82	24.58	25.13	24.94	24.64	23.54
铁饼	25.16	25.99	26.53	26.35	25.93	24.81	25.19	25.40	27.20	26.44	24.78	24.07
全能	23.89	24.46	25.28	24.88	24.35	23.86	23.73	23.86	25.04	25.12	24.65	24.25

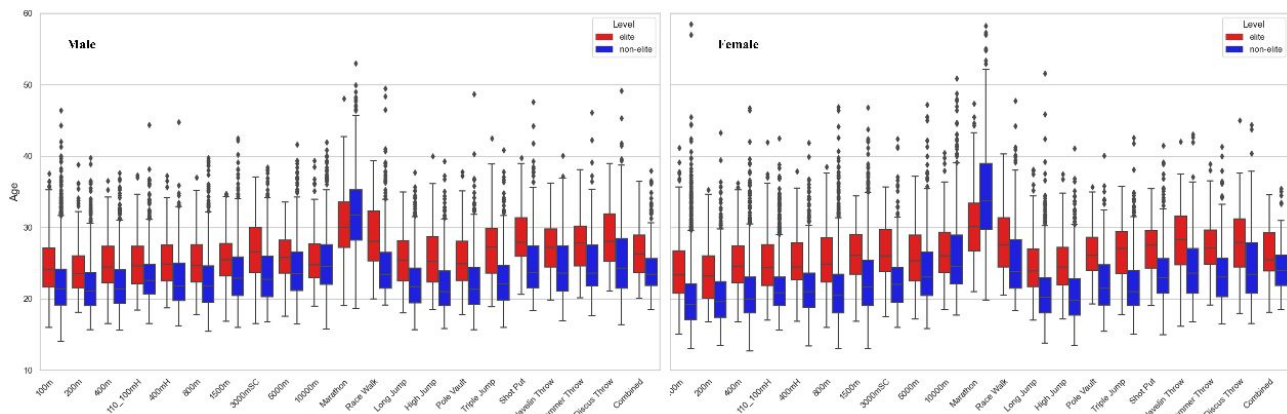


图 3 男性和女性精英及非精英运动员的年龄分布箱图(2024 年数据)

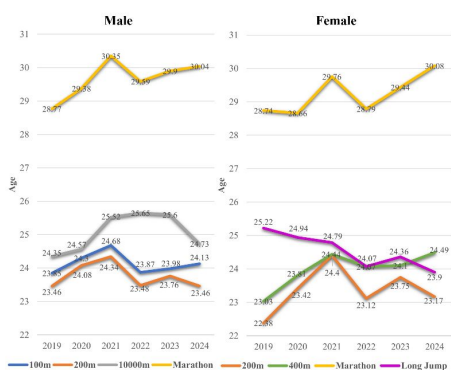


图 4 精英运动员的年龄变化(具备显著时间差异的项目)

2.2.3 运动员表现巅峰年龄的统计与聚类分析(2024 年数据)

基于 t-SNE 的非线性降维技术,将 2024 年男女精英运动员项目间的年龄差异压缩至二维空间展示。图 5 中,聚类结果以不同颜色的点标记,高维空间中年龄特征相似的项目在图上相对靠近。虽然男女精英运动员年龄分布的项目聚类结果不完全一致,但整体上可识别出运动员表现巅峰年龄(PPA)形成的几个主要聚类。

1)爆发力或力量主导项目(红色):主要包括短跑、跨栏以及部分跳跃项目。这类项目运动员的 PPA 相对较小,估计值为男性 24.96 ± 3.94 岁、女性 24.70 ± 4.30 岁。

2)耐力主导或技术稍复杂项目(绿色):主要涵盖中长跑、部分跳跃和投掷项目。估计该类运动员的 PPA 为男性 25.32 ± 3.59 岁、女性 26.37 ± 3.89 岁。

3)超耐力主导或技术较复杂项目(蓝色):主要包括竞走、马拉松和部分投掷项目。该类项目运动员的 PPA 最大,估计值为男性 28.50 ± 4.74 岁、女性 28.99 ± 4.96 岁。

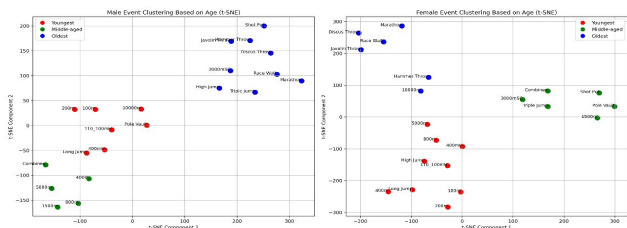


图 5 男性和女性精英运动员年龄分布的跨项聚类(2024 年数据)

进一步对每个单项精英组运动员年龄分布的统计(表 3,四舍五入到整数位)结果显示:①除 10 000 m、撑竿跳、三级跳和标枪外,多数项目中男性运动员的 PPA 略高于女性。②径赛类精英运动员的 PPA 可能随距离增加而上升,由年轻到年长依次为:短跑(23—24 岁)、跨栏(24—25 岁)、中长距离项目(25—27 岁)和超长距离项目(竞走:28 岁,马拉松:30 岁)。③田赛中,运动员的 PPA 可能主要受技术复杂性影响,由小到大依次为:跳高和跳远(24—25 岁)、撑竿跳(男性 25 岁,女性 26 岁)、三级跳(27 岁)和投掷类(27—28 岁)。④全能类精英运动员的巅峰年龄在 26 岁左右,介于短跨项和投掷运动员之间。

3 讨论

3.1 年龄分布和表现巅峰年龄的性别差异及其影响因素

本研究揭示了女性田径运动员的年龄跨度可能较男性更宽,更早达到 PPA,且更易产生波动。这些发现引发了对性别差异及其影响因素的深入思考。

第一,生理因素是造成该差异的关键原因。女性的青春期末通常比男性早 1~2 年,这使得她们在生长发育和运动技能掌握上比男性更成熟。青春后期,内源性类固醇激素(如睾酮)水平的变化对肌肉发展和力量表现有着直接影响,也进一步加剧了两性在竞技表现上的分化^[12-13]。

第二,项目特性也是重要因素之一。由于雌激素水平较高,女性在柔韧性、协调性和灵活性方面具备优势^[14-15]。相对而言,男性由于拥有更大的骨骼肌质量和更快的肌肉收缩速率,在肌肉力量(尤其在上肢力量)、爆发力和耐力项目中适应性更强^[11,16]。

第三,社会文化因素不容忽视。传统观念往往将力量型项目与男性联系在一起,而认为女性更适合技巧性项目。这种刻板印象影响了女性在某些项目中的参与度和发展轨迹^[17-18]。此外,女性运动员在职业生涯中还需应对生理周期及其他生理变化(如怀孕和生育),以上因素均可能对其竞技表现产生阶段性影响。

文献梳理过程中我们还注意到,现有研究中男性测试者的数量往往多于女性,这种研究偏差可能限制学界对女性运动员生理机能、能力局限和训练适应性的认知,进而影响相关政策和训练方法的制定^[11]。

表 3 田径各项目运动员表现巅峰年龄估计

项目	男性/岁			女性/岁		
	正态性	Mean/Median	SD/IQR	正态性	Mean/Median	SD/IQR
100 m	N	24	5	N	23	6
200 m	N	23	4	N	23	6
400 m	N	24	5	N	24	5
110、100 m栏	N	25	5	N	24	6
400 m栏	N	25	5	N	24	5
800 m	N	25	5	N	25	6
1 500 m	Y	26	3	Y	26	4
3 000 m障碍	Y	27	4	Y	27	4
5 000 m	Y	26	4	Y	26	4
10 000 m	N	25	5	N	26	6
马拉松	N	30	6	N	30	7
竞走	N	28	7	N	28	7
跳远	Y	25	4	N	24	5
跳高	N	25	6	N	24	5
撑竿跳	N	25	6	Y	26	4
三级跳	N	27	6	Y	27	4
铅球	Y	28	4	Y	27	4
标枪	Y	27	5	Y	28	7
链球	Y	28	6	Y	27	5
铁饼	Y	28	7	Y	28	7
全能	N	26	5	Y	26	4

注:对于服从正态分布的项目,表中报道的数值为 mean 和 SD,反之则为 median 和 IQR。

3.2 田径项目间运动员表现巅峰年龄的差异及其影响因素

通过分析近 6 年全球田径运动员(包括男女精英运动员)数据,本研究不仅证实了先行学者关于“不同项目间,运动员 PPA 存在显著差异”的结论^[4,7-8],还更新并细化了各项目运动员的 PPA 范围,发现径赛类项目运动员的 PPA 随距离增加而上升,田赛中技术越复杂的项目,运动员的 PPA 越大。

对 PPA 差异形成原因的进一步探究发现,其影响因素与各项目对运动员生理、心理和技术的不同要求密切相关^[19]。

第一,生理因素。主要表现在:1)神经肌肉系统。如短跑和跨栏类项目高度依赖快肌纤维比例和神经肌肉的快速反应能力,这些生理特征通常在青年期达到顶峰,并随年龄增长而逐渐下降^[20]。2)肌肉力量发展。与快速力量项目不同,肌肉绝对力量通常随年龄增长而增加,并在 30 岁左右达到巅峰^[4,21]。3)有氧代谢能力。如马拉松等超长距离项目主要依赖运动员的有氧代谢能力和心肺耐力,而这些生理特质通常需经过多年系统训练才能稳定在最佳水平^[22]。4)激素水平变化。随着年龄增长,运动员体内生长激素、睾酮等关键激素水平产生变化,进而影响肌肉生长、力量发展和恢复能力,加之不同运动项目对此敏感度不一,综合影响着运动表现的优劣。

第二,技术复杂程度。田赛项目中,运动员的 PPA 随项目技术难度和复杂程度的不同呈现出明显的层次性差异。其中,投掷项目运动员 PPA 较高的原因主要由于该项目要求运动员

具备高度精确的动作控制能力和复杂的技术链条。如标枪项目涉及助跑、持标、引投、送标、出手等一系列精密协调的动作,运动员需要在高速移动中保持身体平衡,同时精准控制投掷角度和力量,而这些技能往往需通过长期的专项训练和大量的实战经验才能逐步完善和稳定。相比之下,跳高和跳远等项目虽然也需要精湛的技术,但其动作链条相对简单,对运动员的爆发力和弹跳能力要求更高^[19,23]。

第三,心理因素和经验积累。在长距离和超长距离项目中,运动员随年龄增长而逐步提高的心理素质、比赛经验和适应能力均在一定程度上抵消着生理衰退带来的负向影响,进而帮助其在较长时间周期保持高水平表现。以 2021 年东京奥运会为例,34 岁的中国竞走运动员刘虹凭借坚韧的心理素质和丰富的竞技经验,为中国代表队赢得了一枚宝贵的铜牌。

3.3 年龄分布的变化趋势及运动员长期发展模型

2019—2024 年涵盖了新冠疫情由爆发到常态化防控再到基本结束的完整周期。疫情初期,全球体育赛事被迫暂停或延期,严重影响了运动员的参赛节奏,打乱了其训练计划^[24]。疫情中期,多数项目运动员的年龄中位数出现峰值,可见在诸多政策引导下,一些年长运动员为求抓住赛事恢复后可能存在的机遇而选择延迟退役。随着疫情逐步缓解,大量年轻运动员重返赛场,各项目运动员的年龄均值也出现回落。另一方面,伴随人们对户外锻炼和健康的关注和重视,以有氧代谢为主要功能系统的马拉松项目广受欢迎,吸引了大量专业和业余选手参与其中^[25],导致马拉松运动员的年龄分布与其他项目

逐步拉开差距,年长化特征凸显。

表现巅峰年龄(PPA)的研究结果在一定程度上也反映出运动员职业生涯随年龄变化的连续过程,即成长期—稳定期—衰退期。从14岁就跻身高水平组的短跑和跨栏选手,到48岁仍驰骋赛场的马拉松运动员,不同项目、种族、训练条件等多因素都可能影响运动员职业生涯的发展轨迹,可见这一过程极为复杂且具备高度变异性^[26-27]。因此,相关研究多强调“运动员长期发展模型”(Long-Term Athletic Development, LTAD)的重要性,在关注竞技表现的同时,还应充分重视他们的长期健康和幸福感^[28-29]。对于处在成长期的运动员,除强调力量、速度和技术的提升外,还应注重家庭的持续支持^[30];处于稳定期的运动员则应通过专项训练优化表现,并采取伤病预防和恢复措施来延长巅峰期。同时,应实时监控运动员的生理指标、竞技表现和伤病情况,灵活调整训练计划,并提供个性化培养方案^[31]。当运动员进入衰退期后,训练应侧重于维持现有水平,降低伤病风险,并提供职业转型和退役保障^[32]。

4 结论与建议

本研究通过对2019—2024年全球田径运动员年龄分布与表现巅峰年龄(PPA)的全面分析,得出以下结论:

1)受生理、项目特性和社会文化等因素影响,男女田径运动员的年龄分布及PPA存在显著差异。女性运动员的年龄跨度较男性更宽,更早达到PPA,且更易产生波动。

2)除马拉松项目外,精英运动员的年龄普遍高于非精英,且离群值较少,数据更服从正态分布,说明针对精英运动员年龄的专门研究更具价值。

3)运动员PPA存在显著的聚类特征和项目差异。竞技能力构成要素和运动成绩影响因素越相似的项目,运动员的年龄结构越相近。此外,径赛类项目运动员表现巅峰年龄随距离增加而上升(如短跑23—24岁、中距离跑25—27岁、马拉松30岁)。田赛中技术越复杂的项目,运动员PPA越大(如跳高和跳远24—25岁、三级跳27岁、铁饼28岁)。

4)疫情是造成2019—2024年间运动员年龄分布波动现象的主要原因。近6年来,以女性跳跃为代表的多数项目呈现年轻化趋势,而马拉松项目则表现出明显的年长化特征。

值得注意的是,本研究估计的PPA数值普遍高于既往研究,可见随着运动训练学、生物医学、人工智能、机械制造等领域的飞速发展,伤病预防、营养管理以及物理治疗等技术不断提升,运动员的职业巅峰期正在延长。

研究建议:1)关注项目特定的最佳年龄区间,优化运动员选拔机制,基于不同性别和项目运动员的年龄特征制定个性化培养策略;2)加强对年轻运动员的培养,尤其是年轻化特征显著的项目。同时关注马拉松项目年长化趋势可能引发的安全风险;3)重视有关运动员成长历程的定量和定性研究,特别是针对女性运动员的专门研究;4)将运动员长期发展模型纳入人才培养和职业规划全过程,在关注其竞技表现的同时,充分重视运动员的长期健康和幸福感,帮助其有效延长竞技寿命,促进我国田径运动的可持续发展。

参考文献:

- [1] BERTHELOT G, JOHNSON S, NOIREZ P, et al. The age-performance relationship in the general population and strategies to delay age related decline in performance[J]. Archives of Public Health, 2019, 77(1): 51.
- [2] RÜST C A, KNECHTLE B, ROSEMAN T, et al. Analysis of performance and age of the fastest 100-mile ultra-marathoners worldwide[J]. Clinics (Sao Paulo, Brazil), 2013, 68(5): 605-611.
- [3] WALTHER J, MULDER R, NOORDHOF D A, et al. Peak age and relative performance progression in international cross-country skiers[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2022, 17(1): 31-36.
- [4] GORZI A, KHANTAN M, KHADEMNOE O, et al. Prediction of elite athletes' performance by analysis of peak-performance age and age-related performance progression[J]. European Journal of Sport Science, 2022, 22(2): 146-159.
- [5] 陶霞,王世友,汤长发,等.我国冬季项目优秀运动员身体形态和年龄特征分析[J].武汉体育学院学报,2023,57(7):87-94.
- [6] SCHULZ R, CURNOW C. Peak performance and age among superathletes: track and field, swimming, baseball, tennis, and golf[J]. Journal of Gerontology, 1988, 43(5): 113-120.
- [7] HAUGEN T A, SOLBERG P A, FOSTER C, et al. Peak age and performance progression in world-class track-and-field athletes[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2018, 13(9): 1122-1129.
- [8] HOLLINGS S C, HOPKINS W G, HUME P A. Age at peak performance of successful track & field athletes [J]. International Journal of Sports Science & Coaching, 2014, 9(4): 651-661.
- [9] 彭珍珍,敬龙军.中国高水平跳跃项目运动员成绩发展趋势及成长轨迹分析[J].体育科技文献通报,2022,30(6):87-89+193.
- [10] MCALISTER S. How to qualify for athletics at paris 2024. the olympics qualification system explained [EB/OL]. (2022-12-20) [2024-08-31]. <https://olympics.com/en/news/how-to-qualify-paris-2024-athletics-qualification-system-explained>.
- [11] IAAF. Basics of the rankings [EB/OL]. [2023-08-14]. <https://worldathletics.org/world-ranking-rules/basics>.
- [12] HUNTER S K, S. ANGADIS, BHARGAVA A, et al. The biological basis of sex differences in athletic performance: consensus statement for the american college of sports medicine[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2023, 55(12): 2328-2360.
- [13] CLARK R V, WALD J A, SWERDLOFF R S, et al. Large divergence in testosterone concentrations between men and women: frame of reference for elite athletes in sex-specific competition in sports, a narrative review[J]. Clinical Endocrinology, 2019, 90(1): 15-22.
- [14] BERTOZZI F, TENDERINI D, CAMUNCOLI F, et al. On the relationship between flexibility and jump performance across age and sex: a 15-season retrospective longitudinal study on 229 alpine ski racers[J]. International Journal of Sports Science & Coaching, 2024, 19(4): 1757-1766.
- [15] MALINA R, S?Awinska T, IGNASIAK Z, et al. Sex Differences in Growth and Performance of Track and Field Athletes 11-15 Years [J]. Journal of Human Kinetics, 2010, 24(1):79-85.
- [16] SANTISTEBAN K J, LOVERING A T, HALLIWILL J R, et al. Sex differences in vo2max and the impact on endurance-exercise performance[J]. International journal of environmental research and public Health, 2022, 19(9): 4946.

- [17] KILPATRICK M, HEBERT E, BARTHOLOMEW J. College students' motivation for physical activity: differentiating men's and women's motives for sport participation and exercise[J]. *Journal of American College Health*, 2005, 54(2): 87-94.
- [18] PERRAS C. Moving towards equal pay for professional female athletes: what we can learn from equal pay legislation in iceland[J]. *Ind. Int'l & Comp. L. Rev.*, 2019, 30: 319.
- [19] 田麦久.运动训练学[M].北京:人民教育出版社,2008.
- [20] CESANELLI L, EIMANTAS N, IOVANE A, et al. The role of age on neuromuscular performance decay induced by a maximal intensity sprint session in a group of competitive endurance athletes[J]. *European Journal of Translational Myology*, 2022, 32(1): 10378.
- [21] REILLY T, SECHER N, SNELL P, et al. *Physiology of sports*[M]. London:Routledge, 2005.
- [22] LEE E J, SNYDER E M, LUNDSTROM C J. Predictors of long-distance race performance in master runners[J]. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2020, 15(2): 355-366.
- [23] STRÜDER H, JONATH U, SCHOLZ K. Track & field: training & movement science-theory and practice for all disciplines[M]. Meyer & Meyer Sport, 2023.
- [24] SCERRI M, GRECH V. Discussion: covid-19's impact on sports and athletes[J]. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 2021, 51(3): 390-393.
- [25] PAPANIKOS G T. The economic effects of a marathon as a sport tourism event[J]. *Athens Journal of Sports*, 2015, 2(4): 225-239.
- [26] KIM D H, YUN Y K. Performance development span and psychological experience by stages of track and field athletes[J]. *Korean Journal of Sport Science*, 2023, 34(2): 246-258.
- [27] 王富百慧,陈小平.轨迹与转折:中国优秀运动员成长历程研究[J].*体育科学*,2023,43(7):11-21+91.
- [28] LLOYD R S, OLIVER J L, FAIGENBAUM A D, et al. Long-term athletic development- part 1: a pathway for all youth[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2015, 29(5): 1439-1450.
- [29] GULBIN J, WEISSENSTEINER J, OLDENZIEL K, et al. Patterns of performance development in elite athletes[J]. *European Journal of Sport Science*, 2013, 13(6): 605-614.
- [30] 李小进,张永保.新发展阶段家庭体育高质量发展的契机、挑战及路径[J].*湖北体育科技*,2023,42(8):665-669+675.
- [31] MENTING S G P, HENDRY D T, SCHIPHOF-GODART L, et al. Optimal development of youth athletes toward elite athletic performance: how to coach their motivation, plan exercise training, and pace the race[J/OL]. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2019, 1: 14. DOI:10.3389/fspor.2019.00014.
- [32] EDOUARD P, MOSSER C, CHAPON J, et al. Understanding the first injury in athletics and its effect on dropout from sport: an online survey on 544 high-level youth and junior athletics (track and field) athletes[J]. *BMJ open sport & exercise Medicine*, 2024, 10(1): e001767.

(上接第10页)

- 现实样态与践行方略[J].*沈阳体育学院学报*,2024,43(1):64-70.
- [5] 中华人民共和国中央人民政府网.中共中央办公厅国务院办公厅印发《关于构建更高水平的全民健身公共服务体系的意见》[EB/OL]. (2022-03-23)[2024-08-29].https://www.gov.cn/zhengce/2022/03/23/content_5680908.htm.
- [6] 李晓.新质生产力 点燃创新引擎 汇聚澎湃动能[N].*光明日报*, 2023-10-11(7).
- [7] 冯华,吴月辉,谷业凯.因地制宜发展新质生产力[N].*人民日报*, 2024-04-20(1).
- [8] 王莉,孟亚峥,黄亚玲,等.全民健身公共服务体系构成与标准化研究[J].*北京体育大学学报*,2015,38(3):1-7.
- [9] 周文,许凌云.论新质生产力:内涵特征与重要着力点[J].*改革*, 2023(10):1-13.
- [10] 徐望.结构功能主义视阈下公共文化服务多元合力供给结构研究[J].*理论月刊*,2022,(5):87-98.
- [11] 周铭扬,严鑫,缪律,等.数字赋能全民健身公共服务高质量供给:基本内涵、动力因素与实现方略[J].*沈阳体育学院学报*, 2023,42(2):55-62+78.
- [12] 焦长庚,史小强.全民健身公共服务多元主体合作供给的逻辑解构与效能提升:基于结构功能主义 AGIL 模型[J].*山东体育学院学报*,2023,39(4):47-56.
- [13] 郑家骥.“十四五”时期构建更高水平全民健身公共服务体系:机遇、挑战、任务与对策[J].*体育科学*,2021,41(7):3-12.
- [14] 李远洋,陈家起,高奎亭,等.全民健身场地设施配置政策的多源流分析与启示[J].*广州体育学院学报*,2024,44(2):27-36.
- [15] 史兵,丁建岚,钱钧,等.健康中国视域下群众体育发展模式的结构创新[J].*北京体育大学学报*,2019,42(2):36-45.
- [16] 吴彰忠,钟亚平,周易文,等.数字赋能构建更高水平全民健身公共服务体系:基于多学科视角的模型构建[J].*体育科学*,2023,43(6): 40-48.
- [17] 史小强,戴健.“十四五”时期我国全民健身发展的形势要求、现实基础与目标举措[J].*体育科学*,2021,41(4):3-13+59.
- [18] 耿轩.全民健身公共服务精准化供给研究[J].*湖北体育科技*,2023,42(10):917-921.
- [19] 代争光,张峰瑞.城市社区公共体育服务走向合作治理:价值、困境与进路[J].*湖北体育科技*,2022,41(11):1003-1008.
- [20] 方琳,邹月辉.数字技术助力全民健身场馆智慧化:价值、现实审视与策略[J].*湖北体育科技*,2024,43(1):103-107.
- [21] 体育大生意.复盘 2023:49 起体育投融资超 81 亿,电竞户外赛道火热[EB/OL].(2023-12-17)[2024-08-29].<http://www.sportsmoney.cn/article/121862.html>.
- [22] 体育经济司.国家体育总局 2024 年部门预算[EB/OL].(2024-03-26)[2024-08-29].https://www.sport.gov.cn/n315/n332/c27591231/content_2.html.
- [23] 黎镇鹏,欧阳井凤,任波.新质生产力助推体育产业高质量发展:内在机理、重点领域与实践方略[J].*西安体育学院学报*,2024(4):1-13.
- [24] 张春萍,潘泓宇,郭鸣明.我国区域体育产业高质量发展的内在机制、现实困境与纾困之道[J].*沈阳体育学院学报*,2024,43(2): 103-109.