



国际体育科学“power”相关术语与研究主题

殷明越, 黎涌明*

摘要: 运动与训练科学化的进程要求从业者和研究人员严格按照科学界的标准来使用术语描述运动过程, 作为国际单位制之一的“power”同样也是人体运动能力的核心指标, 有必要系统梳理并分析“power”相关高频术语及其研究主题。采用 CiteSpace 等工具对 Web of Science™ 数据库 1966—2022 年与其相关的 21 129 篇文献进行文献计量分析。结果表明: (1) “power”主题研究在体育科学研究领域中产出趋势持续增长, 近十年该主题内涌现了体能表现等关键词; (2) 功率是主题领域中最常见的表示结果, 分为运动量化形式、具体量化指标和强度划分阈值三类; (3) 爆发力是仅次于功率的表示结果, 但近年来被指出该术语是力量训练情境下的口语化表达, 其本质仍是描述功率。未来应重视并加强对功率及其衍生指标、术语在体育科学领域中的研究、规范与使用。

关键词: power; 术语; 文献计量; 功率; 爆发力; 能量代谢

中图分类号: G804 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2023)04-0049-09

DOI: 10.12064/ssr.2022121301

"Power"-Related Terms and Topics in World Sport Science

YIN Mingyue, LI Yongming*

(School of Athletic Performance, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: The scientificization of sports and training requires practitioners and researchers to use terms to describe the sports process in strict accordance with the standards of the scientific community. As one of the international units, "power" is a core indicator of human motor ability. Therefore it is necessary to analyze systematically the high-frequency terms and research topics related to "power". Tools such as CiteSpace were used to conduct a bibliometric analysis on 21 129 articles retrieved from the web of science™ database 1966-2022. The results show that: (1) the number of researches on topics related to "power" has continued to grow in the field of sport science research. In the past ten years, keywords such as physical performance have emerged on this topic; (2) power is the most common term to show results, which fall into the three categories: sports quantitative forms, specific quantitative indicators and intensity classification thresholds; (3) explosive power is second only to the result of power. But in recent years, it has been pointed out that the term, which is a colloquial expression in the context of power training, is still to describe the power in nature. Thus in the future, we should emphasize the research, standardization and use of "power" and its related indicators and terms in the field of sport science.

Keywords: power; term; bibliometrics; power; explosive power; energy metabolism

1960 年, 第十一届国际计量大会发布了国际单位制 (Système International d'Unités, SI), 旨在规范科学研究中计量单位的使用。随后, 体育科学领域也对“power”“work”“force”等 SI 单位进行了科学定义, 并阐明其作为术语或单位时的使用规范和条件^[1-5]。尽管如此, 体育科学领域仍存在对相关术语的误用, 部分研究在使用“power”时存在条件不当、设定不妥

和描述口语化等问题^[6-7]。“power”的误用同样影响了国内对“power”的理解, 现有中文文献将“power”表示为功率、爆发力与力量等^[8-10]。

在物理学领域, 功率是功在时间上的微分 ($P=W/t$), 体育科学领域中更为常用的 $P=F \times v$ 亦是由此推导而来。人体运动也遵循物理学的能量守恒定律, 是一个化学能转化为机械能的过程。在此视角

收稿日期: 2022-12-13

第一作者简介: 殷明越, 男, 硕士研究生。主要研究方向: 训练科学。E-mail: ymingyue0531@163.com。

* 通信作者简介: 黎涌明, 男, 博士, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 运动与训练科学。E-mail: liyongming@sus.edu.cn。

作者单位: 上海体育大学 竞技运动学院, 上海 200438。



下,人体运动的能力是人体对外做功或功率输出的能力,功率也是评价人体运动能力的核心指标^[11]。对“power”的正确理解和使用是认识人体运动的一个重要窗口。

相比于叙述型综述,文献计量学能够实现对文献中所涉及术语的精确量化。早期综述指出,“power”在体育科学领域中有 75% 的研究将其用作力量特征或表现测量^[12]。然而,该研究主要聚焦于“mechanical power”,导致“power”相关文献纳入不全且对其仅进行了定性叙述。因此,其对“power”相关术语的认识是否全面、准确值得商榷。此外,现有文献计量学研究多采用“知识图谱”以挖掘主题研究背后的引文关系、合作网络与热词聚类等内容^[13],却相对忽视了其对于科学术语进行计量背后潜在的方法学价值^[14]。

术语的科学使用与规范,是推动、实现我国运动与训练科学^[15]的科学化进程最为重要,也是最基础的任务^[6]。鉴于此,本研究以 Web of ScienceTM(WOS)核心合集数据库为数据来源,采用 CiteSpace 等文献计量工具对“power”相关术语及其研究主题进行剖析。旨在通过对术语的量化结合定性归纳,分析“power”相关的高频术语及其研究主题,为后续相关研究在单位、术语使用规范以及主题进展方面提供参考。

1 研究方法

1.1 数据来源

本研究数据来源于 WOS 核心合集数据库,以“power”进行主题检索,全时间范围检索,选择“Sport Sciences”作为精炼依据,选择实证类文献和综述文献,检索日期为 2022 年 12 月 6 日,初次检索

23 727 篇文献信息,在对语言种类和文献种类筛选后,最终共得到 21 295 篇原始文献信息。

1.2 数据处理与分析

采用由美国德克萨斯大学信息科学与技术学院的陈超美博士研发的 CiteSpace 5.2.R2 对原始数据进行除重^[13],得到文献 21 129 篇,本研究以除重后的文献作为研究对象。

导出 WOS 中检索得到的结果,绘制年产出趋势图。使用 CiteSpace 对关键词进行共现分析,此方法能帮助科研人员发现学科领域的研究热点,横向与纵向分析学科领域的发展动态与静态结构。时间分析范围选择 1966—2022 年,时间切片选择“1 years”,连线设置为“Cosine Strength”,采用“TopN”算法,阈值设置为“50”,不使用图谱裁剪,并使用突变性检测,最终以时间区图谱的形式得以呈现。

采用词频分析法,出现频次越高表明关注程度越高。将“power”相关文献的关键词部分以“前缀词+power”和“power+ 后缀词”的术语形式导出,以出现频次为计量指标,对遴选出的前 10 名高频术语结合相关的高被引经典文献进行剖析。

2 结果与分析

2.1 产出趋势

发文数量产出趋势如图 1 所示。国际体育科学领域(WOS 核心合集收录)第一篇有关“power”的文章发表于 1966 年,之后二十多年内,每年的发文量为 1~35 篇。1991 年,文献年发文数量从 35 篇激增至 207 篇。在随后的三十多年内,相关发文迅速增加,并在 2017 年首次突破 1 000 篇。

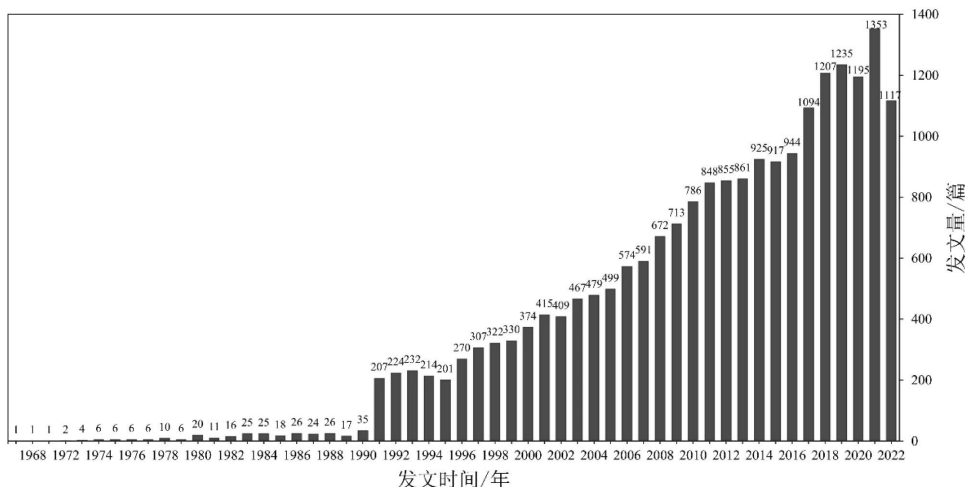


图 1 “power”主题历年发文量

Figure1 Number of publications on "power"-related topics over the years

“power”研究作为国际体育科学领域的热点,近十年与其相关的成果呈快速增长和高位运行态势。近十年来,有 physical performance(体能表现)、sprint(冲刺)、physical fitness(体能)、football(足球/橄榄

球)、athletic performance(竞技表现)、team sport(团队运动)等凸现(方块内红色表明出现频次急剧变化)、高频关键词在主题研究与“power”共同出现(图2)。

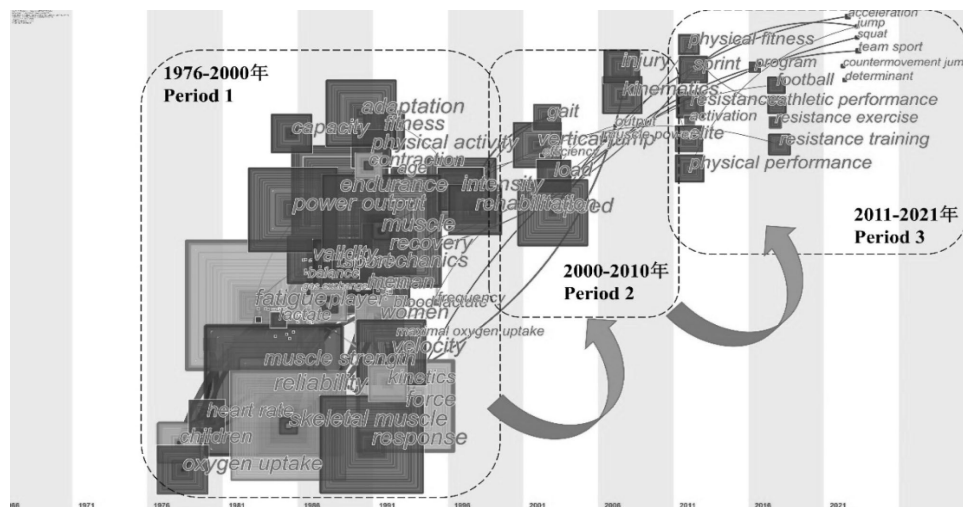


图 2 “power”主题关键词演变时区图

Figure2 Time-space diagram of changes in "power"-related keywords

2.2 高频术语分析

“power”与其他关键词共同组成了 769 个术语,通常以“前缀词+power”(507 个,4 379 次)和“power+

后缀词”(262 个,2 459 次)的形式出现。“power”涉及的高频术语见表 1(“前缀词+power”频次前 10 与“power+ 后缀词”频次前 10)。

表 1 “power”相关的高频关联术语

Table1 "Power"-related high-frequency terms

序号	关联术语	占比/%
1	power output(功率输出)	28.10
2	muscle power(肌肉爆发力)	10.81
3	aerobic power(有氧功率)	9.88
4	anaerobic power(无氧功率)	8.08
5	critical power(临界功率)	7.95
6	peak power(峰值功率)	5.31
7	maximal power(最大功率)	5.02
8	metabolic power(代谢功率)	3.68
9	power spectral-analysis(功率谱分析)	3.56
10	power spectrum(功率谱)	3.16
11	maximal aerobic power(最大有氧功率)	2.97
12	mechanical power(机械功率)	2.91
13	mean frequency power(平均频率功率)	2.75
14	power training(爆发力/功率训练)	1.91
15	power-duration relationship(功率-持续时间关系)	1.14
16	power performance(爆发力表现)	0.75
17	power development(爆发力发展)	0.61
18	powerlifting(力量举/健力)	0.57
19	power doppler ultrasonography(能量多普勒超声)	0.45
20	power production(功率生成)	0.41



2.2.1 “power”表示为“功率”时的术语

“power”相关术语中排名第1的是 power output (功率输出, 28.10%)。排名位居第3的是文献中所使用的 aerobic power (有氧功率, 9.88%), 其与 maximal aerobic power (最大有氧功率, 2.97%) 指的都是 VO_{2max} 对应的功率 (前者也有指比赛中的 VO_{2max} 百分比^[16])。位列第4的 anaerobic power (无氧功率, 8.08%) 指的是以 Wingate 无氧测试为主的测试方法所得到的功率, 其对应的具体指标有 peak power (峰值功率, 采集数据中的最大值, 5.31%) 和 mean frequency power (平均频率功率, 采集数据的平均值, 2.75%), 也有文献将 anaerobic power 作为比赛中最大乳酸生成速度百分比^[16]。排名第5的 critical power (临界功率, 7.95%) 是基于 power-duration relationship (功率-持续时间关系, 1.14%) 得到的一个用于划分高强度 (heavy intensity) 和极高强度 (severe intensity) 的临界强度 (接近最大乳酸稳态)^[17-18]。maximal power (最大功率, 5.02%) 是指人体在完成单次动作时以最快速度表现出来的最高功率输出 (功/时间)。由于人体运动是一个化学能转换为机械能的过程, 单位时间内的化学能和机械能可分别表示为 metabolic power (代谢功率, 3.68%) 和 mechanical power (机械功率, 2.91%)。然而, 现有文献中的 metabolic power 是由意大利生理学家 Di Prampero 等^[19-21]在推算集体球类项目的能量消耗时提出的一个概念。基于 Di Prampero 提出的算法, 现有一些微型可穿戴设备 (如 Catapult) 所给出的指标中也包括了 metabolic power。

以上术语中, power 都表示为功率, 占表1中20个术语的 77.78% (77.78%指的是上一段讨论分析中出现的各个功率相关概念总和)。

2.2.2 “power”表示为“爆发力”时的术语

power 相关术语的第二类表示为爆发力, 此类术语中排名最高的是 muscle power (肌肉爆发力, 10.81%), 其与 power training (爆发力/功率训练)、power performance (爆发力表现) 和 power development (爆发力发展) 一并占 14.08%。

事实上, muscle power 与 maximal power 类似, 二者描述的都是人体以特定动作进行最大速度发力时所表现出来的能力^[22-25]。当运用功率类指标评价这一能力时可将其表示为功率, 而采集非功率类指标 (如纵跳高度) 时则可表示为爆发力。尽管 muscle strength 也有类似含义, 但其更多对应发力更大但发力速度慢的低速力量 (如最大等长力量), 而 muscle power 则对应发力更小但发力速度快的高速力量或爆发力。经典的力-速关系 (force-velocity relation-

ship) 研究认为, 肌肉收缩的最大功率出现在 30% 1RM, 但后续多项研究并不支持这种观点。例如, 不同负重下的蹲跳、蹲起和高翻最大功率输出的负重分别为 1RM 的 0%、56% 和 80%^[26]。

另一方面, 爆发力的英文术语对应的是 “explosive strength”, 指“爆发式”完成力量练习动作的能力, 或者以最快速度完成力量练习动作的能力。鉴于 $P=F \times v$, F 固定时, v 越大, P 就越大, “爆发式”发力可以认为是一个追求特定负重或阻力下最大功率的发力。例如, 近年来较为流行的基于速度的力量训练 (VBT) 在使用过程中就要求练习者每次都以最大速度进行发力^[27]。当然, 不同负重或阻力下最大速度发力对应的功率并不一样, 且其与发力动作也有关系^[26]。

因此, 力量训练情境下将 “power” 理解、表示为爆发力也许是一个通俗易懂的选择, 但其实质上描述的仍是功率。而在研究领域, 将 “power” 用于描述爆发力和力量可能不妥, 且 “explosive strength” (爆发力) 并非科学术语或概念^[6-7]。因为, 经典力学体系中不存在这种力, 而运动中人体内外也并未发生 “explosive” (爆发), 使用爆发力主要是用于主观、定性地描述人体以最快速度完成力量练习动作的能力。

2.2.3 “power”表示为“力量”时的术语

power 相关术语的第三类表示为力量, 表1中此术语只有 powerlifting (力量举/健力, 0.57%)。powerlifting 是一个专有名词, 其是指以提高蹲起、硬拉和卧推3个动作最大力量的比赛项目, 类似于奥林匹克举重 (抓举和挺举动作)。

2.3 “power”表示为“功率”时的研究主题

2.3.1 功率输出 (power output)

在功率输出相关研究中, 功率输出往往是研究中的一个因变量, 而相应的自变量主要为阻力或负重、训练方法等。

在自变量为阻力或负重时, 功率输出相关研究主要探究的是获得最大功率的最佳阻力或负重, 即最佳功率负荷 (Optimum Power Load, OPL)^[28-29]。OPL 的应用基础是力-速曲线, 其可通过递增负重测试中对杠铃轨迹速度量化进而结合负荷推导而出。Reid^[25]首次探究了抗阻训练中阻力或负重对最大功率输出的影响, 发现屈肘时 30% 最大等长收缩的阻力可产生最大功率。随后, 相继有研究者表明, 以最大功率强度进行训练是提高肌肉爆发力的最有效刺激, 且最大功率的提高同时会伴随着跳跃、冲刺和灵敏测试的表现提升, 以及力生成率 (Rate of Force Development, RFD) 的有益变化^[26, 30]。近年来 OPL 研

究主要集中于:①影响因素,如动作方式与受试者特征;②方法学研究,如测试信效度;③应用效果,如对不同项目运动员的表现提升效果以及与其他训练方法的效果比较;④相关性研究,主要集中于不同项目的竞技表现;⑤应用基础与实践训练应用考量。

当自变量为训练方法时,功率输出相关研究主要探究的是牵拉、抗阻和末端释放等不同训练方法对功率输出的影响。例如,Yamaguchi 等^[31]探究了动态与 30 s 静态拉伸对下肢功率输出的影响,采用腿伸展功率测量系统进行测量,该系统控制踏板阻力,以便在腿伸展期间对两条腿施加固定阻力,并通过测量腿伸展速度和到达最大速度的时间来计算下肢功率输出,测量结果显示前者显著优于后者。而在抗阻训练领域,Tufano 等^[32]探究了聚组训练对男性深蹲过程中功率输出的影响,结果发现聚组训练组峰值功率和平均功率显著大于传统力量组。

2.3.2 有氧与无氧功率

有氧功率(aerobic power)与最大有氧功率都对应人体在全身多关节运动中达到 VO_{2max} 时的功率输出,主要经由递增负荷测试测得^[33],其反映了机体运输氧和利用氧的能力。现有研究主要集中于有氧功率相关的:①人口学因素,如年龄^[34]、性别和体重^[35];②测试方法学,如信效度^[36-37];③训练学因素,如不同训练方法的应用效果^[38];④运动表现相关性;⑤生理学影响因素以及分子机制^[39-40]。例如,Bareket 等^[34]认为过往儿童 VO_{2max} 相关研究可能低估了有氧功率,并发现儿童测试有氧功率时经常没有明显的摄氧量平台。此外,性别、体重等其他因素也应被考虑。尽管有氧功率被普遍应用于洞悉竞技表现,但其也在近年来被指出存在内源性选择偏差等方法学问题^[41]。对有氧功率/ VO_{2max} 训练与运动表现相关的研究始终常青,优秀男运动员的 VO_{2max} 通常在 70~85 mL/kg/min,比普通人群高出约 50%~100%^[41]。然而,也有研究发现比赛表现并未随着有氧功率改善而提升^[42-43]。可能由于 VO_{2max} 主要取决于先天因素,近年来有研究发现共有 97 个基因被确定为 VO_{2max} 可训练性的可能

预测因子^[39]。

无氧功率(anaerobic power)是人体无氧供能主导下的做功能力,主要通过 Wingate 无氧能力测试测得^[44]。Wingate 无氧测试是被广泛用于评价人体无氧能力的一种测试方法。该测试要求受试者在功率自行车上进行 30 s 的全力骑行,并主要根据峰值功率、平均功率和疲劳系统来判断受试者的无氧能力。后续有研究将运动方式拓展到上肢手摇,在时间上缩短到 20 s 和 6 s。作为一种经典的无氧能力测试,Wingate 测试常被用于运动员选材、运动能力评估和训练效果评价^[44-46]。例如,Zupan 等^[46]对美国大学生运动员联盟的 1 585 名运动员进行 Wingate 测试,基于测试结果制定了从精英级到差 7 个等级。Wingate 测试也被用作检验其他无氧能力测试(一般与专项)的效度^[47-49],例如:短骑行冲刺测试^[48](Short Cycling Sprint Test, SCST)与跆拳道无氧间歇性踢腿测试(Taekwondo Anaerobic Intermittent Kick Test, TAIKT)^[49]等通过与 Wingate 测试相比得到效度检验。Wingate 测试也受许多因素影响,Baror^[44]认为受试者是普通人群时,测试时间比 30 s 稍长效度可能更好。此外,还涉及测试的技术因素(曲柄长度、阻力负荷等)、设计方案(热身等)和生物因素(肌纤维类型等)^[50]。

2.3.3 临界功率

临界功率(Critical Power, CP)最早由 Monod 等^[51]于 1965 年提出,是一种基于功率-持续时间关系得到的特定强度值。

CP 是描述肌肉代谢产物、血乳酸浓度和摄氧量稳态的阈值,对应着维持细胞内稳态的最高输出功率。将多次恒定强度运动的功率、功和力竭时间进行制图,可以得到图 4,并由图 4 可以得到 CP 和 W' ^[17]。当无法获得运动中的功率时,可以用速度或力替代,并对应得到 critical speed(临界速度)和 critical force(临界力)。鉴于此,有学者^[6]建议以“critical intensity”(临界强度)取代上述三者,并根据特定的运动或动作选择适当的 SI 单位进行记录。

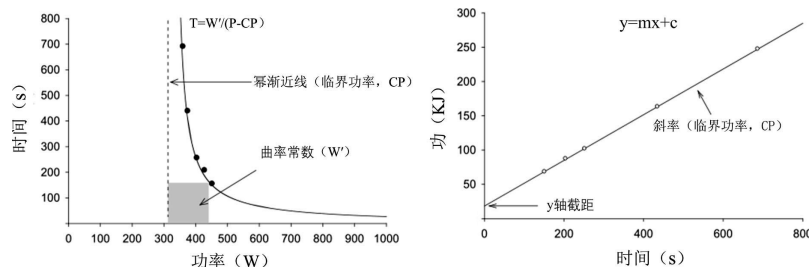


图 3 使用功率-时间曲线确定临界功率(CP)^[17]

Figure3 Using power-time curves to determine critical power(CP)^[17]

注:T 为给定功率下运动维持时间;W'是超过 CP 的可用功;P 为整个持续时间的平均功率。



鉴于 CP 可视为划分强度的“阈”,对其应用情景与方法的探究是 CP 发挥价值的前提。CP 应用的项目主要为 20~30 min 内持续运动,且有相当长的一段时间是在极高强度范围内,单个或少数肌肉收缩的运动(如射箭)、工作与休息比例极高的运动(如棒球)和功率输出不超过 CP 的项目(如高尔夫)不适合使用 CP^[18]。近年来,CP 也被应用于集体球类(如足球等)这类间歇式项目,表现主要取决于个人 CP 和 W'、工作间隔功率输出和持续时间以及恢复间隔功率输出和持续时间^[17]。CP 可用于对运动员表现预测、比赛战术决策以及训练方案设计^[17],例如:教练员可以运用 CP 制定运动员在极高强度范围内的训练时间。此外,最新研究显示 CP 还在改善慢性病患者的生活质量等健康促进方面具有应用潜力^[52]。

2.3.4 代谢功率

代谢功率(metabolic power)最早在 2005 年由 Di Prampero 等^[21]根据平地加速、减速和上坡、下坡匀速跑的生物力学特征和能量消耗估算得到,常用于变向类项目(如足球)估算某一时间段内训练或比赛的总能量消耗,并被整合进有关可穿戴设备中。

在变向类项目能量消耗估算时,前期采用基于连续心率与摄氧量的方法测得一场足球比赛的能量消耗为 1 200~1 500 kcal^[53],但其往往低估了由加速和减速引起的瞬时高能量消耗^[21]。因此,代谢功率这一估算方法可弥补这种不足,还被应用于量化、评价足球运动运动员跑动中的“高强度负荷”^[54-55]。然而,可穿戴设备测得的代谢功率的信效度尚未得以广泛验证。Buchheit 等^[56]探究了足球训练中经由可穿戴设备测得的代谢功率的信效度,发现其低估了实际能量消耗(基于便携式气体代谢仪测得),且其信度也仅为中等。Brochhagen 等^[57]也有类似发现,对集体球类与持拍等间歇运动项目中的代谢功率方法效度进行了证据综合,发现其在方法学效度上存在中等到强的证据矛盾。2018 年,Di Prampero 等^[19]对该算法进行了更新,主要增加了运动方式(走、跑和快跑)识别的方法描述,并且考虑了空气阻力对能量消耗的影响。新算法得到估算值比原算法小 14%,还得出空气阻力导致的能量消耗约为总能量的 2%。

2.3.5 机械功率

机械功率(mechanical power)是人体将代谢能量用于完成某一动作任务的速率^[12]。机械功率的测量受运动方式和测试系统的影响。对于需要操作器械的周期性运动方式(如自行车),机械功率的测量相对方便,机械功率的测量可以经由器械上安装的

测力装置得以实现(如自行车的功率计);对于非周期性运动方式(如足球)和无操作器械的运动方式(如跑步),机械功率的测量就相对困难。对于后者,研究人员只能利用数学模型进行估算^[58-59],例如:Pavei 等^[58]对短跑加速中的机械功率进行计算,通过使用运动捕捉系统记录人体各节段的三维运动,并计算出人体质心轨迹,结合 Minetti 模型方程的修正形式进行计算。经由功率计测得的功率所涉及的指标主要有峰值功率和平均功率,经由数学模型估算的机械功率常包括关节功率、运动功率、重力功率、摩擦功率和环境功率五部分^[12],且其中的关节功率是肌肉功率的结果。

2.4 “power”表示为“爆发力”时的研究主题

鉴于前文所述,muscle power 与 maximal power 在定义与描述对象上类似,且在文献中经常组合成“maximal neuromuscular power”用于描述人体以特定动作进行最大速度的发力时所表现出来的能力,故均纳入爆发力研究主题的讨论。肌肉爆发力(muscle power)用于描述人体极短时间、高强度做功的能力,通常指单个动作中产生最大速度的最大瞬时功率^[22,60-61],其被普遍用于简单和需要最大神经肌肉活动的任务,例如冲刺、跳跃、变向、投掷、踢腿和击打等。研究普遍证明,肌肉爆发力的改善通常会带来竞技表现的提升^[60-63]。

然而,这种改善需要充分考虑肌力发展、训练动作、负荷强度、动作速度、适应窗口和爆发力训练模式整合等训练学因素^[23]。研究表明,力量水平较高的个体比力量水平较低的个体爆发力更优^[64]。也有研究发现随着运动员力量水平的提升,其对爆发力的影响程度随之减弱^[65]。训练动作方面,末端释放训练、超等长和举重练习应作为发展爆发力的主要练习动作,被认为是发展爆发力的主要练习动作^[23]。当然,如何选择动作还应结合专项需求,需考虑到专项运动中的实际动作模式。Loturco 等^[66]比较了跳蹲和半蹲在保持足球运动员季前赛力量能力方面何者更优,发现跳蹲练习更利于改善短距离冲刺,而半蹲在提升跳跃表现方面更有效。鉴于负荷强度已在先前 OPL 中讨论,在此不再赘述。在动作速度方面存在两种观点,一种认为训练应接近动作的最大速度^[30],另一种则表明训练适应更多是爆发性动作意图的影响,而无关动作本身速度^[67]。最后,在制定训练计划时还需考虑运动员个人神经肌肉因素的适应窗口(即改善潜力大小),并且长期发展一个运动员的爆发力往往需要集成多种力量训练技术。



不仅如此,肌肉爆发力还与健康息息相关。Bassey 等^[68]首次检验了爆发力对体弱老年人执行功能任务的贡献,发现小腿伸肌峰值功率能够预测楼梯攀爬等表现。此外,Reid 等^[25]发现对于老年人而言,爆发力是比肌力更有意义的功能表现预测指标,且较高速度低强度阻力训练可比传统慢速阻力训练更大程度改善身体机能^[69]。

3 结论

半个多世纪以来,“power”主题研究在体育科学研究领域中产出趋势持续增长,在过去十余年里高速增长并在近三年高位运行。近十年该主题内涌现了 physical performance(体能表现)等关键词,且出现频次产生突变。“power”相关术语在体育科学领域研究中的高频术语主要用作表示功率与爆发力。功率相关的术语不但包括功率输出、代谢功率和机械功率等在内的量化方式,还涵盖了各个量化方式下属的具体量化指标(峰值功率等)。此外,临界功率还是作为划分运动强度的特定阈值。因此,对待和使用“power”需要谨慎区别。爆发力相关的术语包括肌肉爆发力、爆发力训练和表现等,但结合已有研究可知,爆发力是在力量训练情境下的口语化表达,其本质仍是描述功率。

功率是人体运动中对外做功能力的核心指标,未来应重视并加强对功率及其衍生指标、术语在体育科学领域中的研究、规范与使用,以期加快我国运动与训练科学领域的科学化进程。

参考文献:

- [1] MOFFROID M T, KUSIAK E T. The power struggle: Definition and evaluation of power of muscular performance[J]. Physical Therapy, 1975, 55(10):1098-1104.
- [2] HARMAN E. Strength and power: A definition of terms [J]. National Strength & Conditioning Association Journal, 1993, 15(6):18-20.
- [3] KNUTTGEN H G. Measurement and terminology for authors and reviewers[J]. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2019, 59(2):341-342.
- [4] KNUTTGEN H G. Force, work, power, and exercise[J]. Medicine and Science in Sports, 1978, 10(3):227-228.
- [5] WINTER E M, FOWLER N. Exercise defined and quantified according to the Système International d'Unités [J]. Journal of Sports Sciences, 2009, 27(5):447-460.
- [6] WINTER E M, ABT G, BROOKES F B, et al. Misuse of “power” and other mechanical terms in sport and exercise science research[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2016, 30(1):292-300.
- [7] KNUDSON D V. Correcting the use of the term “power” in the strength and conditioning literature [J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2009, 23(6):1902-1908.
- [8] 霍华德·G·克努特根,王正珍.体育锻炼的量化标准与实践应用[J].成都体育学院学报,2020,46(3):122-126.
- [9] 梁美富,郭文霞,赵宁宁,等.最佳功率负荷下不同力量训练手段骨骼肌输出功率的确定及特征[J].中国组织工程研究,2022,26(23): 3638-3643.
- [10] 冯传诚,周彤,王志强.对比式训练对下肢爆发力提升效果的 Meta 分析[J].武汉体育学院学报,2021,55(11): 85-91.
- [11] 黎涌明,纪晓楠,资薇.人体运动的本质[J].体育科学, 2014,34(2):11-17.
- [12] VAN DER KRUK E, VAN DER HELM F C T, VEEGER H E J, et al. Power in sports: A literature review on the application, assumptions, and terminology of mechanical power in sport research[J]. Journal of Biomechanics, 2018, 79:1-14.
- [13] CHEN C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3):359-377.
- [14] 殷明越,黎涌明.国际体育科学“performance”全貌探析[J].体育科研,2022,43(4): 62-67,74.
- [15] 黎涌明,韩甲,张青山,等.我国运动训练学亟待科学化:青年体育学者共识[J].上海体育学院学报,2020, 44(2):39-52.
- [16] OLBRECHT J. The science of winning: Planning, periodizing and optimizing swim training[M]. F&G Partners, 2013.
- [17] JONES AM, VANHATALO A. The ‘critical power’ concept: Applications to sports performance with a focus on intermittent high-intensity exercise[J]. Sports Medicine, 2017, 47(S1):65-78.
- [18] VANHATALO A, JONES A M, BURNLEY M. Application of critical power in sport[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2011: 6(1):128-136.
- [19] DI PRAMPERO PE, OSGNACH C. Metabolic power in team sports-part 1: An update[J]. International Journal of Sports Medicine, 2018, 39(8): 581-587.
- [20] OSGNACH C, DI PRAMPERO PE. Metabolic power in team sports-Part 2: Aerobic and anaerobic energy yields [J]. International Journal of Sports Medicine, 2018, 39 (8):588-595.
- [21] DI PRAMPERO PE, FUSI S, SEPULCRI L, et al. Sprint running: A new energetic approach [J]. The Journal of



- Experimental Biology, 2005, 208(Pt 14):2809-2816.
- [22] CORMIE P, MCGUIGAN M R, NEWTON R U. Developing maximal neuromuscular power: Part 1: Biological basis of maximal power production[J]. Sports Medicine, 2011, 41(1):17-38.
- [23] CORMIE P, MCGUIGAN M R, NEWTON R U. Developing maximal neuromuscular power: Part 2-training considerations for improving maximal power production [J]. Sports Medicine, 2011, 41(2):125-146.
- [24] GRGIC J, TREXLER ET, LAZINICA B, et al. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: A systematic review and meta-analysis[J]. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2018, 15:11.
- [25] REID K F, FIELDING R A. Fielding. Skeletal muscle power: A critical determinant of physical functioning in older adults[J]. Exercise and Sport Sciences Reviews, 2012, 40(1): 4-12.
- [26] CORMIE P, MCCAULLEY G O, TRIPLETT N T, et al. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2007, 39(2):340-349.
- [27] 廖开放,高崇,杨威,等. 基于速度的力量训练:应用基础与训练效果 [J]. 上海体育学院学报,2021,45(11): 90-104.
- [28] 陈志力, LOTURCO I, IACONO A, et al. 最佳功率负荷:一种简单有效的测试和训练手段[J].中国体育教练员,2022,30(2):29-30.
- [29] LOTURCO I, DELLO IACONO A, NAKAMURA F Y, et al. The optimum power load: A simple and powerful tool for testing and training[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2022, 17(2): 151-159.
- [30] KANEKO M, FUCHIMOTO T, TOJI H, et al. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 1983, 5(2):50-55.
- [31] YAMAGUCHI T, ISHII K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power[J]. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2005, 19(3):677-683.
- [32] TUFANO J J, CONLON JA, NIMPHIUS S, et al. Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2016, 11(7):885-892.
- [33] ASTORINO T A, WHITE A C. Assessment of anaerobic power to verify VO_{2max} attainment[J]. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2010, 30(4): 294-300.
- [34] FALK B, DOTAN R. Measurement and interpretation of maximal aerobic power in children[J]. Pediatric Exercise Science, 2019, 31(2): 144-151.
- [35] LEE J, ZHANG X. Is there really a proportional relationship between VO_{2max} and body weight? A review article[J]. PloS One, 2021, 16(12):e0261519.
- [36] POOLE D C, JONES A M. Measurement of the maximum oxygen uptake VO_{2max} : VO_{2peak} is no longer acceptable [J]. Journal of Applied Physiology (1985), 2017, 122(4):997-1002.
- [37] LEVINE B D. VO_{2max} : What do we know, and what do we still need to know?[J]. The Journal of Physiology, 2008, 586(1):25-34.
- [38] DE OLIVEIRA-NUNES S G, CASTRO A, SARDELI A V, et al. HIIT vs. SIT: What is the better to improve VO_{2max} ? A systematic review and meta-analysis[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(24):13120.
- [39] WILLIAMS C J, WILLIAMS M G, EYNON N, et al. Genes to predict VO_{2max} trainability: A systematic review [J]. BMC Genomics, 2017, 18(Suppl 8): 831.
- [40] GREEN H J, PATLA A E. Maximal aerobic power: Neuromuscular and metabolic considerations[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1992, 24(1): 38-46.
- [41] BORGES N T. Running performance, VO_{2max} , and running economy: The widespread issue of endogenous selection bias[J]. Sports Medicine, 2018, 48(5):1049-1058.
- [42] VOLLAARD N B, CONSTANTIN-TEODOSIU D, FREDRIKSSON K, et al. Systematic analysis of adaptations in aerobic capacity and submaximal energy metabolism provides a unique insight into determinants of human aerobic performance [J]. Journal of Applied Physiology(1985), 2009, 106(5):1479-1486.
- [43] PAAVOLAINEN L, HÄKKINEN K, HÄMÄLÄINEN I, et al. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power [J]. Journal of Applied Physiology(1985), 1999, 86(5): 1527-1533.
- [44] BAR-OR O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity[J]. Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 1987, 4(6):381-394.
- [45] LOSNEGARD T, MYKLEBUST H, HALLÉN J. Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing[J]. Medicine and Science Sports and Exercise, 2012, 44(4):673-681.
- [46] ZUPAN M F, ARATA A W, DAWSON L H, et al. Wingate Anaerobic Test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate



- athletes[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2009, 23(9):2598-2604.
- [47] FRY A C, KUDRNA R A, FALVO M J, et al. Kansas squat test: A reliable indicator of short-term anaerobic power[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2014, 28(3):630-635.
- [48] COSO J D, MORA-RODRÍGUEZ R. Validity of cycling peak power as measured by a short-sprint test versus the Wingate anaerobic test[J]. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism=Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme, 2006, 31(3):186-189.
- [49] TAYECH A, MEJRI M A, CHAOUACHI M, et al. Taekwondo anaerobic intermittent kick test: Discriminant validity and an update with the gold-standard Wingate test[J]. Journal of Human Kinetics, 2020, 71:229-242.
- [50] DRISS T, VANDEWALLE H. The measurement of maximal(anaerobic) power output on a cycle ergometer: A critical review [J]. BioMed Research International, 2013, 2013:589361.
- [51] MONOD H, SCHERRER J. The work capacity of a synergic muscular group[J]. Ergonomics, 2007, 8(3):329-338.
- [52] POOLE D C, BURNLEY M, VANHATALO A, et al. Critical power: An important fatigue threshold in exercise physiology[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2016, 48(11):2320-2334.
- [53] MOHR M, KRUSTRUP P, BANGSBO J. Fatigue in soccer: A brief review[J]. Journal of Sports Sciences, 2005, 23(6):593-599.
- [54] OSGNACH C, POSER S, BERNARDINI R, et al. Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2010, 42(1):170-178.
- [55] GAUDINO P, IAIA FM, ALBERTI G, et al. Monitoring training in elite soccer players: Systematic bias between running speed and metabolic power data[J]. International Journal of Sports Medicine, 2013, 34(11):963-968.
- [56] BUCHHEIT M, MANOUVRIER C, CASSIRAME J, et al. Monitoring locomotor load in soccer: Is metabolic power, powerful?[J]. International Journal of Sports Medicine, 2015, 36(14):1149-1155.
- [57] BROCHHAGEN J, HOPPE M W. Metabolic power in team and racquet sports: A systematic review with best-evidence synthesis[J]. Sports Medicine, 2022, 8(1):133.
- [58] PAVEI G, ZAMPARO P, FUJII N, et al. Comprehensive mechanical power analysis in sprint running acceleration[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2019, 29(12):1892-1900.
- [59] JENNY D F, JENNY P. On the mechanical power output required for human running-Insight from an analytical model[J]. Journal of Biomechanics, 2020, 110:109948.
- [60] NEWTON R U, KRAEMER W J. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy[J]. Strength & Conditioning, 1994, 16:20.
- [61] KRAEMER W J, NEWTON R U. Training for muscular power[J]. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 2000, 11(2):341-368.
- [62] SLEIVERT G, TAINGAHUE M. The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes[J]. European Journal of Applied Physiology, 2004, 91(1):46-52.
- [63] YOSHIHUKU Y, HERZOG W. Maximal muscle power output in cycling: a modelling approach[J]. Journal of Sports Sciences, 1996, 14(2):139-157.
- [64] STONE M H, O'BRYANT H S, MCCOY L, et al. Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps [J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2003, 17(1):140-147.
- [65] CORMIE P, MCGUIGAN M R, NEWTON R U. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2010, 42(8):1582-1598.
- [66] LOTURCO I, PEREIRA LA, KOBAL R, et al. Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason[J]. Journal of Sports Sciences, 2015, 33(12):1283-1292.
- [67] BEHM D G, SALE D G. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response[J]. Journal of Applied Physiology, 1993, 74(1):359-368.
- [68] BASSEY E J, FIATARONE M A, O'NEILL E F, et al. Leg extensor power and functional performance in very old men and women[J]. Clinical Science(Lond), 1992, 82(3):321-327.
- [69] SCHAUN G Z, BAMMAN M M, ALBERTON C L. High-velocity resistance training as a tool to improve functional performance and muscle power in older adults [J]. Experimental Gerontology, 2021, 156:111593.

(责任编辑:刘畅)