

胡海旭,王中迪,金成平,等.精英击剑运动员竞技能力特征及训练策略——基于系统综述与验证性实践的整合[J].体育学研究,2024,38(2): 12-27.

精英击剑运动员竞技能力特征及训练策略

——基于系统综述与验证性实践的整合

胡海旭¹,王中迪¹,金成平²,秦学林³,吴海艳¹,杨成波⁴,高平⁵

(1.南京体育学院运动训练学院,江苏南京 210014; 2.武汉理工大学体育学院,湖北武汉 430070;
3.南京体育学院体育科学研究所,江苏南京 210014; 4.成都体育学院运动训练学院,四川成都 610041;
5.武汉体育学院运动训练学院,湖北武汉 430079)

【摘要】: 击剑是我国的潜优势项目,但近2届奥运会成绩出现下滑,亟须研制科学训练应对策略。通过对Web of Science、PubMed、EBSCOhost、Scopus和IEEE Xplore数据库中检索到的31篇实证与定量研究文献的综合分析,并整合了目前国际国内具有较高共识性的击剑训练理论与方法。研究发现,击剑是一个高度依赖技术、速度、灵敏性、爆发力和无氧耐力的开放性运动项目。其竞技能力特征及训练策略如下:①竞技能力特征:在体能方面,精英级击剑运动员的肌肉含量存在明显的四肢不对称性,有更大的臂展和腿展,主要依赖无氧代谢能力;在技术方面,弓步及其速度、时空随机变向、冲刺(佩剑除外)和距离感、速度感掌握是关键;在战术方面,快速且准确地对特定刺激作出反应以识别并把握最佳进攻时机至关重要,此外,动作的隐蔽性和技术多样性与变化也非常关键;在心理方面,精英运动员展现出更高的抽象思维、创新能力,以及自我适应与调整能力、情绪控制能力。②训练策略:专项力量应结合快速伸缩复合、北欧式和直腿硬拉等训练方法;专项速度强调以速度、灵敏和快速启动(SAQ)训练和迁移训练来加以改善;能量训练应避免低强度的专项有氧训练(提升恢复能力的有氧训练除外),专注于契合专项的高强度间歇训练;技术训练应采用多样化的步法练习,同时提升击剑比赛特定体能,如强化离心训练;战术训练应重点提升关键分的制胜策略能力,以及通过语言、视觉和实践方法提高战术思维能力;心理训练可采用基于生物反馈技术的放松训练、表象训练和逆境应对训练等提升心理控制能力。

【关键词】: 精英击剑运动员;竞技能力;训练策略;体能训练;技战术训练

【中图分类号】: G885 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 2096-5656(2024)02-0012-16

DOI: 10.15877/j.cnki.nsic.20240429.001

击剑,作为我国的潜优势项目,对于备战2024年、2028年奥运会具有重要的战略意义。其中,2024年巴黎奥运会共设12枚击剑项目金牌。然而,在近2届奥运会上,我国击剑成绩持续下滑,东道主法国却展现出不断攀升之势,探索击剑制胜规律,提升竞技优势成为近期奥运备战的重大现实问题之一。击剑项目是由2名运动员在严禁身体接触的条件下,以剑器进行间接对抗的技术开放性项目^[1],分为重剑、花剑和佩剑3个剑种,它们各有独特技术特点与得分规则。总体而言,击剑运动员需要具备一系列特定运动技能,尤其是快速准确攻击对手的能力^[2]。然而,当前关于精英击剑运动员训练的科学研究文献与实际应用间的有效融合尚显不足,如

主要集中在专项体能训练内容和方法上,缺乏对基础体能训练的深入探讨,未充分考虑不同击剑项目、性别、年龄、运动水平的运动员的个体差异和训练需求,现代科技手段和设备来提高训练的效率和效果的研究相对滞后等^[3-7];主要侧重于运动员的体能训练,缺乏对运动员的心理训练的探讨,尚未形成系统的击剑运动员心理特征和心理干预的方法,心理训练在提高运动员的竞技水平和心理健康中的作用有待进一步挖掘^[8-10]。并且,国内研究主要基于国内

收稿日期:2023-12-20

基金项目:国家社会科学基金一般项目(20BTY092)。

第一作者:胡海旭(1983—),男,湖北黄冈人,博士,教授,硕士生导师,研究方向:运动训练理论与方法。

的实践经验和个案分析,缺乏对国际上先进的击剑训练理论与方法的借鉴和创新,未能很好地与国际上的击剑训练水平和趋势保持同步,难以为我国击剑运动的发展提供系统全面的理论支撑和方法指导^[11-16]。鉴于此,本研究旨在通过系统性地融合现有学术研究成果与实践经验,深入探讨精英击剑运动员竞技能力特征及其训练方法,为未来训练方案和比赛策略的制定提供科学依据,以期推动我国击剑项目竞技水平的高质量发展。

1 研究方法

1.1 信息来源和检索策略

从最早可获取的公开发表的英文文献开始,在

Web of science(WOS)、PubMed、EBSCOhost、Scopus和IEEE Xplore五个数据库进行电子检索,时间截至2023年6月,运用布尔运算“AND”和/或“OR”以不同组合检索以下关键词:fencing、epee、foil、sabre、elite、fencer、athletes、performance、lunge、training、characteristic。只考虑用英文书写且经过同行评议的原创全文文章,纳入对象为精英运动员,即以精英运动员、国家级和国际级运动员为主(其中1篇是青少年国家队运动员)。在选择纳入的研究时,首先,通过EndNote X9.1筛选检索到的文章是否重复。其次,在审查摘要和全文版本之前,对所有相关标题进行审查。表1显示了每个数据库的完整检索策略以及关于搜索历史的信息。

表1 每个数据库的检索策略
Tab.1 Search strategy for each database

检索日期 数据库	2023年6月				
	WOS	PubMed	EBSCOhost	Scopus	IEEE Xplore
关键词	fencing,epee,foil,sabre,elite,fencer,athletes,performance,lunge,training,characteristic				
检索限制	无				
检索策略示例	WOS:(All=(fencing))and All=(training) PubMed:“fencing training”[MeSH Terms]OR(“fencing”[All Fields]AND“training”[All Fields])or“fencing training”[All Fields]OR(“fencing”[All Fields]AND“exercise”[All Fields])OR“fencing exercise”[All Fields] EBSCOhost:“fencing”(TX All Text)AND“training”(TX All Text) Scopus:Title-Abs-Key(fencing AND training) IEEE Xplore:All“fencing”in(All Metadata)AND“training”in(All Metadata)				

1.2 筛选标准

纳入标准:①研究对象为精英级别击剑运动员;②研究涉及击剑运动员的竞技能力或训练策略;③实证或实验研究;④经同行评议的学术文章。排除标准:①对受伤和有障碍的击剑运动员竞技能力的研究;②没有提供数值结果;③综述类研究;④不能获取全文和未正式出版的论文。

1.3 数据提取

对最终纳入的文献逐一进行数据提取,主要包含作者、发表年份、参与者数量、国家、级别、剑种、性别、年龄、身高、体重和研究内容,然后利用Microsoft Excel 2021制作数据列表。

1.4 研究质量评价与偏倚风险

为确保本研究的科学性和规范性,运用混合研究方法^[17-18]评估工具MMAT^[19]对纳入的文献进行质量评估。MMAT是为系统混合研究综述的评估阶段设计的关键评估工具,包括定性、定量和混合方

法研究的综述。它允许对五类研究的方法学质量进行评估:定性研究、随机对照试验、非随机对照试验、定量描述性研究和混合研究方法研究。本研究选择“随机对照试验、非随机对照试验、定量描述性研究”3类为纳入文献(表2)。

表2 混合方法评估工具(MMAT)(2018版)
Tab.2 Mixed Method Assessment Tool(MMAT)(2018 version)

研究设计类别	方法学质量标准	回答
		Y N U
筛选问题 (适用于所有类型)	S1.是否有明确的研究问题?	
	S2.收集的数据是否能够解决研究问题?	
	4.1抽样策略是否与研究问题有关?	
	4.2样本是否代表目标人群?	
定量描述	4.3测量是否合适?	
	4.4非反应性偏差的风险低吗?	
	4.5统计分析是否适合回答研究问题?	

注:Y=是;N=否;U=无法分辨

2 结果

2.1 检索结果

应用上述布尔运算方法在五个数据库中进行检索,共检索到英文文献1 853篇(WOS: 256篇, PubMed: 345篇, EBSCOhost: 409篇, Scopus: 532

篇, IEEE Xplore: 311篇),对删重后的文章题目及摘要进行第1轮筛查,得到146篇文章。通过下载阅读全文进行第2轮筛查,剔除119篇,得到27篇文献。另通过文献溯源纳入4篇,最终纳入31篇文献,具体流程如图1。

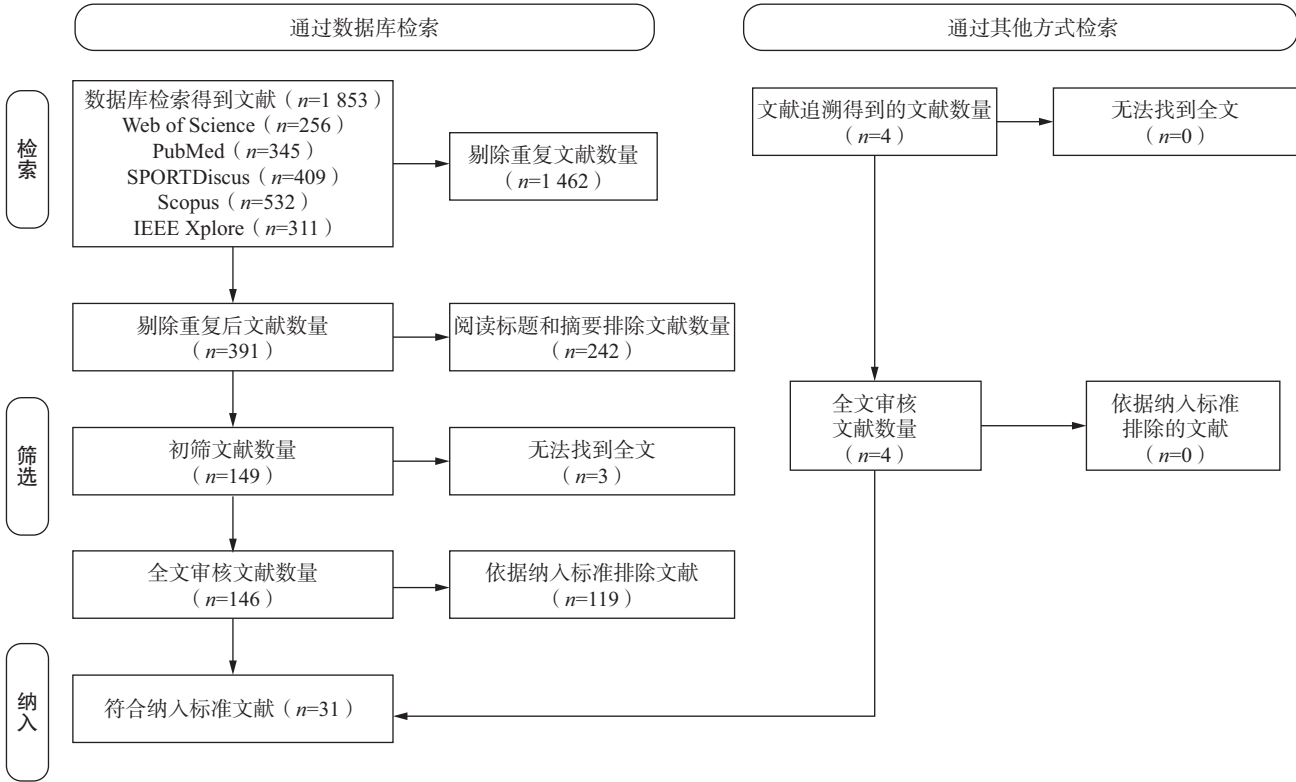


图1 检索策略和纳入研究流程图
Fig.1 Flowchart of search strategy and inclusion of studies

2.2 数据结果

本研究纳入的31篇文献中,共有687名运动员样本(137名注明为国家级,171名国际级,320名标明精英运动员,59名其他等级运动员为对照组,本文将精英运动员、国家级和国际级运动员一并归纳为精英运动员),其中的重剑运动员202名,花剑运动员131名和佩剑运动员129名,另有12篇文献未注明剑种。除2篇未告知性别(45人),共有男性351

名。表3、表4荟萃了31项纳入研究的基本信息。其中,17项研究集中于人体测量学、生理特征、反应时间、柔韧性、变向速度、力量和爆发力等体能特征;7项研究重点探讨了进攻技术和弓步的速度、距离等技术特征;4项研究阐述了压力、愤怒、紧张情绪和人格特征等心理特征;3项研究验证了强化离心训练,快速伸缩复合训练,速度、敏捷和快速启动(SAQ)训练及最大力量和爆发力训练对竞技能力的

表3 纳入研究基本信息(表现)
Tab.3 Basic information on included studies (performance)

研究	发表年份	人数	国家	级别	剑种	性别	年龄 (year)	身高 (cm)	体重 (kg)	研究内容
Tsolkakis et al. ^[20]	2010	33	希腊	国家级:	N	男: 15 女: 18	国家级:	国家级:	66.1 ± 9.1	人体测量学、生理和运动特征
				14 次精英:			20.14 ± 4.01 次精英:	178.07 ± 6.50 次精英:		
Wylde et al. ^[21]	2017	5	新加坡	国家级	F	女	24.1 ± 4.1	165 ± 10	59.0 ± 11.4	时间-运动分析
Guilhem et al. ^[22]	2014	10	法国	国家级	S	女	22.2 ± 4.6	170.5 ± 4.7	67.3 ± 8.1	下肢肌肉协调性和力学效果关系

续表 3

研究	发表年份	人数	国家	级别	剑种	性别	年龄 (year)	身高 (cm)	体重 (kg)	研究内容
Aquili et al. ^[23]	2013	57	意大利	国际级	S	男: 32 女: 25	男: 26.8 ± 4.6 女: 24.2 ± 3.7	男: 184.6 ± 6.3 女: 171.2 ± 4.7	男: 78.6 ± 7.6 女: 61.9 ± 7.2	时间-运动分析
Rivera et al. ^[24]	1998	19	波多黎各	国家级	N	男: 8 女: 11	男: 19.4 ± 4.4 女: 17.4 ± 2.3	男: 174.3 ± 5.1 女: 159.5 ± 3.5	男: 69.5 ± 15.1 女: 58.1 ± 4.4	体质特征
Nyström et al. ^[25]	1990	6	瑞典	国际级	E	男	25.5 ± 4.1	186 ± 3	77.0 ± 8.0	身体和形态特征
Koutedakis et al. ^[26]	1993	7	英国	国际级	E	男	25.6 ± 3.7	181 ± 4.3	赛季: 73.4 ± 3.5 非赛季: 72.5 ± 3.6	人体测量和生理特征
Vander et al. ^[27]	1984	7	美国	国家级	N	男	20.4 ± 2.0	174.9 ± 2.1	68 ± 8.1	生理特征
Tsolakis et al. ^[28]	2010	33	希腊	国家级	N	男: 15 女: 18	19.9 ± 3.5	175.6 ± 7.6	66.1 ± 9.1	人体测量学、柔韧性、 力量和爆发力及下肢 击剑功能性测试
Ntai et al. ^[29]	2021	130	希腊	国家级	E: 33 F: 55 S: 42	男: 72 女: 58	男: 20.87 ± 7.35 女: 20.33 ± 5.98	男: 177.33 ± 9.10 女: 168.20 ± 6.34	男: 70.14 ± 11.98 女: 58.02 ± 7.13	人体测量和腿部 力量因素
Bescos et al. ^[30]	2009	87	西班牙	国际级	E	女	25.3	172	62.0	手指比例
Milia et al. ^[31]	2014	15	意大利	次精英级	N	男: 13 女: 2	21.4 ± 6.9	176.7 ± 10.6	68.5 ± 12.9	生理反应和能量消耗
Bottoms et al. ^[32]	2011	4	波兰	国家级	E	女	24.8 ± 3.3	178.5 ± 8.7	68.0 ± 6.9	生理反应和能量消耗
Williams et al. ^[33]	2000	3	新西兰	国家级	N	男	22-26	N	N	反应时间和肌肉协调
Gutiérrez-Dávila et al. ^[34]	2013	17	西班牙	国家级	N	男	23.3 ± 4.1	183 ± 5	78 ± 8	不确定性因素对反 应—响应时间的影响
Harmenberg et al. ^[35]	1991	10	瑞典	国际级	E	N	23.1	184.1 ± 4.9	77.0 ± 4.2	不同表现测试方法的 比较,反应时间, 运动时间
Gutiérrez-Dávila et al. ^[36]	2017	25	西班牙	国家级	E	男: 15 女: 10	男: 21.1 ± 4.9 女: 21.4 ± 2.3	男: 182 ± 6 女: 173 ± 5	男: 78.3 ± 7.9 女: 66.7 ± 9.2	两种刺激对不同 反应的影响
Borysiuk et al. ^[37]	2019	6	波兰	国家级	E	女	24.6 ± 6.2	N	N	冲刺与弓步技术
Guimarães et al. ^[38]	2019	5	巴西	国家级	E	男: 2 女: 3	20.8 ± 3.27	176 ± 8	70.32 ± 10.56	弓步表现决定因素
Guan et al. ^[39]	2018	19	中国	国家级: 7 次精英: 12	E	男	> 18	国家级: 193 ± 3 次精英: 184 ± 6	国家级: 87.0 ± 7.3 次精英: 77.2 ± 11.9	弓步速度决定因素
Gholipour et al. ^[40]	2008	8	伊朗	国家级: 4 新手: 4	F	男	国家级: 24.0 ± 2.5 新手: 21.5 ± 1.3	国家级: 181.5 ± 4.8 新手: 179.3 ± 1.1	国家级: 74.0 ± 4.5 新手: 70.3 ± 6.8	弓步运动学分析
Yiou et al. ^[41]	2000	9	法国	国际级: 4 其他: 5	N	男	国际级: 25 ± 0.8 其他: 29.4 ± 10.3	国际级: 175 ± 44.5 其他: 171 ± 8.8	国际级: 74.9 ± 7.9 其他: 69 ± 10	不同攻击方式表现

续表 3

研究	发表年份	人数	国家	级别	剑种	性别	年龄 (year)	身高 (cm)	体重 (kg)	研究内容
Frère et al. ^[42]	2011	8	法国	国家级	N	男	23 ± 3.5	183 ± 5	77.2 ± 7.0	击剑攻击的运动学分析
Turner et al. ^[43]	2017	25	英国	精英: 8 国家级: 17	N	N	精英: 22.6 ± 2.5 国家级青少年: 17.7 ± 2.2	N	N	击剑的攻击距离
Doron et al. ^[44]	2017	9	法国: 6 埃及: 1 突尼斯: 2	国家级	F	男: 8 女: 1	26.44 ± 3.94	N	N	压力、情绪对表现的影响
Zur et al. ^[45]	2019	4	北爱尔兰	国家级: 1 其他: 3	N	男: 1 女: 3	25	N	N	愤怒情绪对表现的影响
Hoch et al. ^[46]	1988	10	德国	国家级	N	N	23.4	183.9	81.9	评估紧张情绪对表现的影响
William et al. ^[47]	1970	30	英国	国家级	N	女	N	N	N	个性特征

注: N=未说明; E=重剑; F=花剑; S=佩剑

表 4 纳入研究基本信息(训练)
Tab.4 Basic information on included studies(training)

研究	发表年份	受试数	国家	级别	剑种	性别	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	训练方法	结果
Di et al. ^[48]	2020	54 TG: n=26 CG: n=28	意大利	国家级	F	男	TG: 17.3 ± 1.9 CG: 17.6 ± 2.7	TG: 172 ± 8 CG: 173 ± 8	TG: 62.20 ± 10.21 CG: 64.23 ± 11.53	TG: 6周强化离心训练(Accentuated Eccentric Training); CG: 6周快速伸缩复合训练	训练后垂直跳跃显著提高, 实验组和对照组无差异; 技术动作、弓步距离($p=0.006$)和前进冲刺距离($p=0.000\ 05$)组内和组间均显著提高($p=0.000\ 01$); TG组比CG组下肢活动范围改善更多。
Mohamed et al. ^[49]	2018	20 TG: n=10 CG: n=10	埃及	国家级	S	男	20.12 ± 1.23	185 ± 6	77.32 ± 5.7	速度、敏捷和快速启动(SAQ)训练, 10周	实验组与对照组在腿部力量、背部力量、协调性、灵敏性、运动速度和表现水平等指标上存在显著差异($p < 0.05$)。
Redondo et al. ^[50]	2014	12 TG: n=6 CG: n=6	西班牙	国家级	N	男	CG: 22.3 ± 8.1 TG: 24.8 ± 7.2	CG: 179.5 ± 5.2 TG: 173.3 ± 7.8	CG: 77.1 ± 10.1 TG: 70.4 ± 10.5	CG: 12周标准体能训练 TG: 最大力量训练和爆发力训练	TG组最大力量和爆发力显著提高($p < 0.05$)

注: N=未说明; TG=实验组; CG=对照组; E=重剑; F=花剑; S=佩剑

影响。

2.3 研究的质量评估和偏倚风险

纳入本研究的31篇文献的研究质量使用MMAT进行评估(表5)。其中,28项研究(90.3%)为定量研究(采集运动员的测试数据展开的分析),3项研究(9.7%)是干预研究(通过组间对照实验获取

数据展开的分析)。每项研究都具备明确的研究问题,且29项研究(93.5%)收集的数据能够很好地解决研究问题,但考虑到样本特殊性(精英运动员及剑种)和研究全面性,有极少数研究没有包括具有代表性的目标人群样本或适合解决研究问题的统计分析。

表5 使用MMAT 2018版系统评价纳入研究的质量
Tab.5 Evaluating the quality of included studies using the MMAT 2018 version of the system

研究	方法学质量标准						
	S1	S2	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
Tsolakis et al. ^[20]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Wylde et al. ^[21]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Guilhem et al. ^[22]	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
Aquili et al. ^[23]	Y	N	Y	Y	Y	Y	N
Rivera et al. ^[24]	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y
Nyström et al. ^[25]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Koutedakis et al. ^[26]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Vander et al. ^[27]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Tsolakis et al. ^[28]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Ntai et al. ^[29]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Bescos et al. ^[30]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Milia et al. ^[31]	Y	Y	Y	N	Y	Y	N
Bottoms et al. ^[32]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Williams et al. ^[33]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Gutiérrez-Dávila et al. ^[34]	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y
Harmenberg et al. ^[35]	Y	Y	Y	N	U	U	Y
Gutiérrez-Davila et al. ^[36]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Borysiuk et al. ^[37]	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y
Guimarães er al. ^[38]	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y
Guan et al. ^[39]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Gholipour et al. ^[40]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Yiou et al. ^[41]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Frère et al. ^[42]	Y	N	Y	N	Y	Y	N
Turner et al. ^[43]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Doron et al. ^[44]	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y
Zur et al. ^[45]	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y
Hoch et al. ^[46]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
William et al. ^[47]	Y	Y	Y	Y	Y	U	Y
Di et al. ^[48]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Mohamed et al. ^[49]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Redondo et al. ^[50]	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

注：Y=是；N=否；U=无法分辨

3 讨论

3.1 精英击剑运动员竞技能力特征

3.1.1 体能特征

一是，在击剑运动员人体测量学研究中，表6汇总了文献报道的相关特征。观察到男性和女性击剑运动员的BMI分别为22.86±1.60和21.17±3.30，

均处于正常范围。其中，男性体脂百分比显著低于女性(分别为12.48%和23.54%)。研究表明，精英与次精英运动员在身高、体重、体脂百分比及肢体长度方面差异不显著^[20]。进一步，Turner等^[43]发现臂展和腿展与弓步距离显著相关，这可能对选材有指导作用。

表 6 成年击剑运动员人体测量数据
Tab.6 Anthropometric data of adult fencers

研究	年龄 (year)	性别	身高 (cm)	体重 (kg)	BMI	体脂 (%)	人数	剑种
Rivera et al. ^[24]	19.4 ± 4.4	男	174.3 ± 5.1	69.5 ± 15.1	23.0 ± 1.5	14.1 ± 4.8	8	N
Caldarone et al. ^[55]	19.7 ± 1.6	男	179 ± 6	71.8 ± 6.4	22.4 ± 1.1	9.6 ± 1.2	10	E
Caldarone et al. ^[55]	20.0 ± 2.8	男	179 ± 7	76.0 ± 10.8	23.6 ± 2.2	12.1 ± 3.2	11	F
Roi et al. ^[56]	21.5 ± 3.4	男	178 ± 4	71.7 ± 6.0	22.6 ± 1.6	10.1 ± 2.3	33	E
Harmenberg et al. ^[35]	21-30	男	184 ± 5	77.0 ± 4.2	22.7 ± 1.0	N	10	E
Caldarone et al. ^[55]	22.1 ± 4.7	男	177 ± 4	73.1 ± 8.1	23.2 ± 1.9	12.6 ± 2.9	11	S
Koutedakis et al. ^[26]	25.6 ± 3.7	男	181 ± 4	73.4 ± 3.5	22.4 ± 0.9	15.3 ± 3.9	7	E
Tsolakis et al. ^[57]	19.0 ± 0.8	男	182 ± 6	73.7 ± 9.1	22.2 ± 1.9	14.3 ± 1.4	8	N
Tsolakis et al. ^[20]	20.1 ± 4.0	男	178.1 ± 6.5	N	21.7 ± 1.5	13.7 ± 3.9	N	N
Vander et al. ^[27]	20.4 ± 2.0	男	175 ± 2	68.0 ± 8.1	22.2 ± 0.8	12.2 ± 5.1	7	N
Hoch et al. ^[46]	23.4 ± 3.5	男	184 ± 8	81.9 ± 9.9	24.2 ± 2.2	N	10	N
Tsolakis et al. ^[57]	24.4 ± 4.2	男	180 ± 7	74.2 ± 6.2	22.9 ± 1.3	15.3 ± 0.7	23	N
Rivera et al. ^[24]	17.4 ± 2.3	女	159.5 ± 3.5	58.1 ± 4.4	22.7 ± 2.5	22.1 ± 4.7	11	N
Tsolakis et al. ^[57]	18.7 ± 0.9	女	167 ± 9	60.0 ± 9.9	21.4 ± 3.3	27.3 ± 1.7	10	N
Tsolakis et al. ^[57]	23.4 ± 4.1	女	166 ± 6	58.8 ± 8.8	19.9 ± 3.3	22.1 ± 1.1	15	N
总体		男	179.3 ± 6.16	73.6 ± 8.54	22.86 ± 1.60	12.48 ± 3.51	138	
		女	164.3 ± 7.18	58.9 ± 8.12	21.17 ± 3.30	23.54 ± 3.67	36	

注：N=未说明；E=重剑；F=花剑；S=佩剑

在肌肉不对称性方面，击剑运动员的优势侧手臂、大腿和小腿肌肉横截面积更大，这一特征似乎与技术水平或训练年限无关。Tsolakis 等^[20]的研究显示，手臂不对称性与训练年限之间存在轻微但显著的共方差 ($R^2=0.09-0.12$)，暗示训练可能对不对称性有影响。然而，由于缺乏对照组，这一结论的解释受到限制。CT 成像结果表明，与学生 and 健美运动员的对照组相比，击剑运动员的股内侧肌横截面积更大，反映了击剑中一种涉及频繁的弹跳动作和膝关节 $20^\circ \sim 30^\circ$ 屈曲的现代技术特点^[25]。总体来说，这些人体测量特征表明专项的不对称训练在击剑运动员中引起了明显的四肢不对称性。尽管某些形态特征可能对竞技能力有所影响，但当考虑到生理和战术因素时，这种影响似乎较小^[51]。

此外，关于击剑运动员 2D（食指）和 4D（无名指）长度比的研究^[52]表明，2D：4D 比例作为产前雄激素暴露的标志，影响身体结构和功能以及大脑形态和神经组织^[53]。在男性击剑运动员中，右手与左

手 2D：4D 差值与竞技排名显著正相关，而右手 2D：4D 比例 (0.946 ± 0.031) 表现出正相关但不显著，且不受训练强度或击剑经验影响。女性击剑运动员中，Bescos 等^[30]和 Voracek 等^[54]指出，较低的 2D：4D 比例与更高的国家排名相关，在控制年龄、BMI、击剑年数和训练强度等变量后，该比例仍可解释击剑成功的 12% 方差。特别是，参加佩剑项目的运动员 2D：4D 比例低于参加重剑和花剑的运动员^[54]，这提示 2D：4D 比例可能在选材和专业化训练中具有潜在的价值。

二是，有氧和无氧能力方面。适度的有氧能力不仅有助于支持击剑运动员进行持续的次最大强度活动，如连续的快速攻防转换，而且在高强度无氧运动阶段，有氧系统提供的能量输出可以为无氧能量系统的快速重构提供支持^[25, 32]。但是，有研究^[2]表明，在总能量消耗中，有氧供能的比例仅占大约 10%，这暗示有氧体能对于竞技能力的直接影响有限，其主要角色可能更多地体现在促进恢复方面。

据表7可知,击剑运动员的最大摄氧量(VO_{2max})总体上男性平均为 $54.21\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,女性为 $46.56\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,显著高于久坐不动人群,但明显低于耐力项目运动员^[11]。Vander等^[27]评估了击剑运动员手臂和腿部工作时的最大摄氧量、血脂、体成分和肺活量的结果表明,手臂工作时的最大摄氧量($34.2\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)是腿部工作时($50.2\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)的68%,平均血清甘油三酯、总胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇水平分别为 68.5 mg/dL 、 187 mg/dL 和 54.5 mg/dL 。这些数据表明,击剑的成功可能更多地取决于技术、速度和灵敏性,而不是高有氧能力和低体

脂率。

此外,Milia等人^[31]测试了15名精英击剑运动员,发现模拟 $3\times 3\text{ min}$ 所需的 VO_2 和HR均保持在无氧阈值(AT)以下,肺通气和 VCO_2 亦如此,再次表明击剑运动的有氧能力要求不高。值得注意的是,尽管供能低于AT水平,但血乳酸在整个过程中保持 $>6\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (峰值为 $6.9\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)。该结论与Cerizza等^[58]的研究类似,在预选赛中,平均为 $2.5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$,然后在淘汰赛一直在 $4\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上,获胜者甚至高达 $15.3\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。综上可知,击剑是一种典型的无氧供能项目。

表7 击剑运动员的最大摄氧量(VO_{2max})数据
Tab.7 Maximum oxygen uptake (VO_{2max}) data for fencers

研究	最大摄氧量 (VO_{2max}) (mL/kg/min)	测量 人数	年龄	国家	级别	性别	剑种
Nystrom et al. ^[25]	67.3 ± 3.7	6	25.5 ± 4.1	瑞典	国际级	男	E
Rivera et al. ^[24]	58.2 ± 6.3	8	19.4 ± 4.4	波多黎各	国家级	男	N
Koutedakis et al. ^[26]	58.0 ± 2.6	7	25.6 ± 3.7	英国	国际级	男	E
Vander et al. ^[27]	34.2 ± 2.6	7	N	美国	国家级	男	E ^a
Vander et al. ^[27]	50.2 ± 5.3	7	20.4 ± 2.0	美国	国家级	男	E ^b
Stewart et al. ^[51]	55.5	14	20.6 ± 1.6	美国	国家级	男	N
Lavoie et al. ^[59]	59.0 ± 5.0	5	N	加拿大	N	男	E
Lavoie et al. ^[59]	54.0 ± 5.0	11	N	加拿大	N	男	E
Roi et al. ^[56]	48.8 ± 4.0	10	N	意大利	N	男	E
Daya et al. ^[60]	59.3 ± 2.0	9	N	爱尔兰	N	男	N
Rivera et al. ^[24]	45.7 ± 6.2	11	17.4 ± 2.3	波多黎各	国家级	女	N
Bottoms et al. ^[32]	46.9 ± 4.7	4	24.8 ± 3.3	波兰	国家级	女	E
Di et al. ^[61]	47.3 ± 2.5	11	N	阿根廷; 加拿大; 埃及; 意大利; 波兰; 葡萄牙	国际级	女	N
总体	54.21 ± 8.59	84				男	
	46.56 ± 4.51	26				女	

注: N=未说明; a=上肢评估; b=下肢评估; E=重剑

三是,爆发力方面。作为一种需要高强度爆发力的开放技能格斗项目,击剑的进攻动作依赖于腿部力量以实现超过600 ms的快速加速和大约1.4 m的位移。同时,击剑运动员必须利用手臂和手指的力量来确保对武器的安全且灵活控制。此外,击剑运动员需要具备优异的反应速度,以尽可能缩短与地面的接触时间并实现最快的移动速度^[62]。在

Tsolakis等^[20]的研究中,探讨了精英与次精英击剑运动员在爆发力方面的差异。结果表明,精英击剑运动员在深蹲跳(31.94 cm 对比 25.74 cm)和CMJ(35.47 cm 对比 31.04 cm)中表现更优,并具有更强的反应力(40 cm 箱子落地跳反应力指数1.48对比1.38)。另一项研究^[63],使用Cybex II设备在 $30^\circ/\text{s}$ 、 $60^\circ/\text{s}$ 和 $240^\circ/\text{s}$ 的角速度下进行测试,发现精英击剑

运动员的优势腿屈肌(腓绳肌)和伸肌(股四头肌)产生的峰值扭矩高于对照组,从而强调了针对击剑运动员爆发力训练的重要性。

四是,速度方面。在击剑中,速度是指运动员在最短时间内完成动作的能力,其中反应速度是一个关键因素^[3]。快速反应与处理视觉或触觉刺激、动作过程中的肌肉协调、技战术能力以及最佳的心理状态密切相关,对击剑的竞技能力有着显著的影响^[64-65]。Rio等^[1]强调了击剑运动员在识别对手动作的相关信息后迅速做出反应的重要性,这需要良好的协调性以确保速度和准确性。相较于初学者,精英击剑运动员在上下肢动作的协调性以及肌肉激活模式的连贯性方面展现出更优秀的表现,从而实现了更快的反应速度^[66]。因此,精英击剑运动员的神经肌肉协调能力更加出色,能够产生更高的身体重心和武器进击线速度^[29]。此外,Ntai等^[29]还发现,在进行特定的进攻动作如弓步刺、前进弓步刺、后退接弓步刺时,18岁以上的击剑运动员比14~17岁的运动员动作更快,且男性优于女性,这可能与发育程度有关。在剑种方面,佩剑运动员在几乎所有速度测试中似乎都更快,这一发现可以通过佩剑比赛的特点解释,即包括大量短时(2.5~2.9 s)高强度加速的比赛,影响击剑运动员的神经肌肉系统^[23]。

3.1.2 技术特征

击剑技术主要分为进攻技术和防守技术,这包括特定的击剑步法、持剑手手型、位置定位以及命中动作等。无论是在进攻还是防守中,运动员都必须具备出色的移动能力,如前进、后退或跳跃,以便调整与对手之间的距离。因此,随机变向能力是精英运动员的一项关键技术能力^[20,67],其与运动员的敏捷性和肌肉力量息息相关^[3]。

弓步是区分精英击剑运动员和新手的一项基本攻击性爆发技术^[35],执行速度是成功关键^[39]。研究^[68]显示,准确且迅速地完成任务弓步及其后续动作(恢复初始位置或改变姿势)对运动员的竞技能力至关重要。Guan等^[39]进行了深入的运动生物力学分析,观察到高水平击剑运动员在执行弓步时展现出更高的水平重心峰值速度(健将和一级: $2.64 \pm 0.16 \text{ m/s}$; 二级: $2.32 \pm 0.13 \text{ m/s}$, $P=0.001$)和后退施加的水平峰值地面反作用力(健将和一级: $0.91 \pm 0.10 \text{ BW}$; 二级: $0.78 \pm 0.08 \text{ BW}$, $P=0.016$)。

此外,弓步过程中的关节峰值功率、关节峰值力矩和后膝关节活动范围在高水平运动员中也显著优于中等水平运动员。值得注意的是,精英击剑运动员在前腿膝关节伸展前展现出更大的屈曲度、更高的峰值角速度和更短的伸展时间。因此,增强后腿膝伸肌的力量和爆发力对提高弓步速度至关重要。增加后腿膝关节的伸展同时减少前腿膝关节的屈曲,可以提升弓步表现。Gholipour和Bottoms的研究^[40,69]指出,后腿膝关节的屈曲是预测击剑运动员在弓步时产生力量的重要指标。使用立体摄影技术分析比较了精英与新手击剑运动员的弓步,发现精英组在弓步距离($1.17 \pm 0.17 \text{ m}$ 对比 $1.02 \pm 0.1 \text{ m}$)、速度(0.76 m/s 对比 0.68 m/s)以及关节角度方面具有优势。特别是精英组在前腿膝盖初始屈曲较少(20° 对比 38°),中期伸展更大(51° 对比 18°),弓步末期展现出更大的髌关节屈曲(53° 对比 40°)。与普遍看法不同(即肘关节和上肢动作与膝关节动作同时进行),精英击剑运动员手部动作先于脚部^[40]。最后,Sorel等^[70]在不可预测情境下评估击剑运动员的竞技能力和反应时间,注意到标准弓步中峰值力量较低,加速时间较长,但简单反应时间(RT)、运动时间(MT)和反应响应时间(RRT)都较短。他们还观察到,在弓步开始时后脚的力量更大,但当目标改变时前脚的力量减小。

冲刺(不适用于佩剑)是击剑中的另一种进攻技术。与弓步相比,冲刺的使用频率较低,但它能让运动员在较短时间内移动更远的距离,是一项关键技术。Borysiuk和Frère等^[37,42]对比分析了早期与晚期最大肘关节伸展组的冲刺运动学,发现:①在冲刺速度方面,前者展现了两个速度峰值,而后者只有一个。这表明冲刺过程中存在两个不同的速度增加阶段,随后速度保持相对稳定;②关于肌肉活动,冲刺初期肱三头肌展现出较高的激活水平,作为加速肌肉,有助于提升冲刺速度。同时,冈下肌活动也达到高峰,以维持积极的肩部前倾姿态,这需要特别的辅助训练以确保稳定性;③在心电图和力量方面,冲刺过程中,腓肠肌的外侧和内侧肌肉的肌电信号增强,同时后腿产生更大的垂直力。这表明这些肌肉在冲刺过程中更为活跃,可能有助于提升爆发力。与弓步相比,冲刺产生更高的肌电信号和地面反作用力,有助于缩短整个进攻动作的移动时间,提高效率。

率。总之,击剑冲刺技术的特征包括不同阶段的速度变化、特定肌肉的活动以及更高的肌电信号和地面反作用力,有针对性地改善这些特点可以提高击剑运动员的爆发力和效率。

此外,击剑运动员判断距离的能力也是他们的关键技术之一^[43]。Turner等^[43]对精英级别击剑运动员的预测与实际攻击距离进行了比较,发现精英击剑运动员在评估自己的弓步和前进步的距离上表现更出色,这意味着他们能更准确地判断攻击距离。然而,尽管在距离判断上更精确,他们的实际攻击距离却相对更短,表明他们倾向于低估攻击距离,使得其实际攻击距离短于排名靠前的击剑运动员(分别是222.6 cm比251.5 cm,以及299.3 cm比360.2 cm)。因此,能够准确评估攻击距离是击剑运动员的一项关键技巧。尽管精英运动员在评估距离上通常更为准确,但他们仍需注意预测距离与实际攻击距离之间的偏差,以更有效地对抗不同的对手。

3.1.3 战术特征

在击剑运动中,识别最佳进攻时机对于竞技能力至关重要,这一点与运动员对特定刺激的反应时间密切相关^[71]。Harmenberg等^[35]设计了一项模拟实际击剑比赛的测试,测试要求击剑运动员在保持自然击剑距离的同时后退,而前进则根据教练的指示进行。测试中的刺激是固定且预设的。结果显示,世界级击剑运动员的表现显著超过了一般运动员,且反应时间(而非动作时间)是优异表现的关键因素,表明对对手动作的迅速反应是取胜的关键^[65]。Roi等人^[1]也指出,识别对手动作并快速反应至关重要,良好的反应速度和准确性是提高胜算的重要因素。在战术决策方面,Feng等^[72]研究发现,精英、一级和二级击剑运动员的反应更倾向于直觉决策,而低等级运动员则更多依赖于随机猜测。事件相关电位数据进一步显示,相比于其他等级的运动员,精英击剑运动员的P1平均振幅和P3峰值振幅、正慢波更为突出,说明在直觉战术决策过程中,精英击剑运动员的大脑皮层活动更加活跃,正慢波峰值出现得更早。

此外,在击剑比赛中,成功得分的关键在于动作的隐蔽性,使对手无法及时作出反应。Sorel等^[70]使用一种创新的模拟器评估发现,在移动和不确定条件下,准确性和命中率明显降低,且与反应速度呈负

相关。因此,利用假动作干扰对手以及训练防止被对手的假动作迷惑的战术是必要的。Di等^[73]通过记录12名国际级击剑运动员在视觉刺激下进行简单和判别反应任务的事件相关电位发现,击剑运动员之所以能够镇定应对对手的佯攻,是因为他们能够迅速从预设动作切换到新的、更适合的动作。这一能力可能是由于更高的注意力集中和前额叶皮层中更强的抑制活动,促进了对刺激的快速辨别。

关于击剑战术能力的研究揭示了以下关键点:

①反应时间至关重要:反应时间在击剑中占据中心地位,要求运动员能够迅速识别并应对对手的动作。②直觉决策:精英击剑运动员依赖于直觉反应,而非随机猜测,显示出更快的信息处理能力。③动作隐蔽性:击剑运动员需善于掩饰自己的动作意图而出其不意。④技术多样性与变化:技术多样性与变化和良好竞技能力紧密相关。⑤灵敏性关键:灵敏性是击剑中实现速度和准确性的核心要素,要求运动员能灵活控制进攻与防守的速度,精准把握出击时机。⑥模拟比赛测试的价值:通过模拟比赛情境的测试,对于评估运动员技战术应用能力至关重要,有助于识别优势及改进领域。

3.1.4 心理特征

在击剑比赛中,当运动员的技术和战术水平相近时,心理能力变得至关重要。Zur等^[45]研究指出,愤怒情绪会延长反应时间,降低精确度,从而削弱竞技能力。此外,Hoch等^[46]在对紧张情绪的影响评估发现,运动时的紧张情绪会导致儿茶酚胺分泌增加,尤其是肾上腺素分泌增加。在大赛中,竞赛的压力会导致肾上腺素增加525%。因此,击剑运动员需要保持高度的警惕性和专注力的同时尽可能控制情绪,以抓住时机并在关键时刻博取有效得分。另外,在不同情境下,例如世界杯比赛,运动员的自我调节能力与表现之间存在积极或负面影响^[74]。Williams等^[47]通过对30名国家级花剑运动员的人格特征研究表明,精英击剑运动员通常表现出较快的学习速度、独立性、侵略性、高度的抽象思维和创造性。这些运动员在稳定性和焦虑性格方面得分相对平均,通常表现出内向性格,不太渴望他人的需求或依赖。此外,Reche等^[75]研究发现,与业余击剑运动员相比,精英运动员在训练和比赛中更有自信和更加积极的态度。

总结来看,击剑运动员的心理特征可以概括为:
①情绪管理:击剑运动员须掌握情绪调节技巧,尤其是避免愤怒情绪,因为这可能拖延反应并降低准确性。他们还需要管理比赛中的紧张情绪,以保持最佳状态。②集中注意力与警觉性:击剑运动员需持续保持高度集中和警觉,以便把握机会迅速作出关键攻击。③自我适应与调整:运动员需能够在各种比赛环境中自我调整 and 适应,以应对不同任务和压力。④快速学习与创新思维:精英击剑运动员展现出较快的学习能力和创新思维,使他们能够快速适应新技术和战术,在比赛中表现出色。⑤内向性格:研究表明,精英击剑运动员往往具有内向性格,更倾向于独立,这有助于他们在比赛中保持冷静和专注。

3.2 精英击剑运动员训练策略

3.2.1 专项力量与爆发力训练

实证研究表明,跳远、蹲跳、立定跳远(CMJ)和落地反弹跳表现,以及反应速度指数与弓步速度和一步弓步速度紧密相关^[29],强调了击剑运动中爆发力和反应速度的关键作用,并指出需要针对力量各个方面进行专门训练。为增强击剑运动员的力量、爆发力和耐力,专家们推荐采用快速伸缩复合训练^[76,77],或者结合抗阻和快速伸缩复合训练^[76]。快

速伸缩复合训练是一种快速拉长后收缩肌肉的训练方法,影响肌肉的弹性势能和神经调节强度,提高肌肉工作效率,主要包括各种形式的跳跃训练,如垂直跳跃、跳箱、跳远和弓步跳等。该方法以轻重量和最高速度执行,旨在提升手臂和腿部肌肉能力,缩短肌肉纤维收缩时间,并通过增强主动肌与拮抗肌间协调性来改善技术。此外,快速伸缩复合训练还要结合击剑项目的专项技术特征。研究^[78]显示,当负重达到最大负荷强度的60%时,快速伸缩复合训练能最有效提升爆发力。其除了能够刻画击剑专项运动特征外,还强调在整个运动过程中的完全加速^[4]。研究^[48]已证实快速伸缩复合训练可以提高精英击剑运动员的爆发力。Ojeda-Aravena等^[79]通过荟萃分析发现,快速伸缩复合跳跃训练可以改善格斗项目运动员的体能水平,包括1次最大重复(1RM)深蹲、下半身力量、变向速度和格斗特定表现(例如击剑运动速度)。一项训练方案实证^[50]表明,为期12周的最大力量和爆发力训练(表8,表9),在部分取代常规的击剑训练计划后,可以显著提高最大力量和爆发力,并且可以迁移到弓步训练中,提高其反应时间。此外,北欧式和直腿硬拉可以帮助减少击剑中腘绳肌拉伤的高发,强化内收肌的灵活性,增加弓步距离^[62]。

表8 最大力量训练方案示例

Tab.8 Example of program of Maximum strength training

练习	肌肉运动方式	组 / 次数 / 负荷 / 组间休息	重复速度
坐姿腿屈伸	ECC: CON: ISO	3 × 6 × 75%/3 min	1: 1: 1
卧式卧推	ECC: CON: ISO	3 × 6 × 75%/3 min	1: 1: 1
杠铃深蹲	ECC: CON: ISO	3 × 6 × 75%/3 min	1: 1: 1

注: CON=向心; ECC=离心; ISO=等长

表9 爆发力训练方案示例

Tab.9 Example of program of explosive force training

组合练习	肌肉运动方式	组 / 次数 / 负荷 / 组间休息	重复速度
坐姿腿屈伸+直腿垂直跳跃	ECC: CON+PLY	3 × (3 × 70%+6)/3 min	爆发性的
卧式卧推+只用杠铃重复	ECC: CON+PLY	3 × (3 × 70%+6)/3 min	爆发性的
杠铃深蹲+屈腿垂直跳跃	ECC: CON+PLY	3 × (3 × 70%+6)/3 min	爆发性的

注: CON=向心; ECC=离心; PLY=快速伸缩复合

总结而言,下肢的力量与爆发力对于提升弓步速度及整体击剑动作的速度至关重要。精英击剑运动员展示出较佳的上下肢协调性和更为一致的肌肉激活模式。爆发力训练是击剑训练中的重要组成部

分,通过使用较轻的负重和最高速度执行,能够增强手臂和腿部肌肉的能力,缩短肌肉纤维的收缩时间,提升协调性。快速伸缩复合训练是提升爆发力的有效方法,尤其是负重达到最大强度60%时效果

最佳。快速伸缩复合训练能够在整个动作过程中实现全速加速,从而帮助运动员提高爆发力和技术表现。此外,北欧弯举和直腿硬拉等练习能够降低腘绳肌的拉伤风险,增强内收肌的灵活性,以及增加弓步距离。

3.2.2 速度训练

在击剑中,速度不仅是竞技能力的核心要素,也是与运动员的爆发力紧密关联的能力^[20,28]。为了促进击剑速度的提升,可以通过结合力量和爆发力的综合训练来实现^[50]。特别是,Speed, Agility, Quickness (SAQ) 训练,通过专注于速度、灵敏性和快速启动的练习,有效提升了运动员的力量、速度、协调性和灵敏性^[80]。Mohamed等^[49]证实了为期10周的SAQ训练方案可以改善男子精英击剑运动员的身体指标,如运动速度、灵敏性、腿部力量和背部力量。此外,在Witkowski等^[81]的研究中,为期6周的迁移训练(一种将技能或改进从身体的一侧转移到另一侧的能力),这适用于击剑这种高度不对称的项目,如非优势手训练和双侧协调练习等,显著提高了优势手的出手速度和动作准确性。然而这种效果是短期的,因为在训练4周后,优势手和非优势手之间没有统计学上的显著差异。对运动协调的研究表明,大脑两半球的参与对于控制上肢动作至关重要,迁移训练可以在训练初期有效地提升击剑动作的准确性,同时也能改善优势手的表现^[82]。

综上所述,速度是击剑竞技能力的关键组成部分,涉及在尽可能短的时间内完成动作,因此在击剑运动中具有关键地位。快速反应速度与视觉、触觉刺激的处理、肌肉协调性、技战术能力和心理状态密切相关,对整体击剑表现产生显著影响。速度与爆发力密不可分,力量和爆发力训练可用于提高击剑速度。SAQ训练是一种有效的训练方式。击剑动作的准确性与大脑的两个半球都参与控制上肢的动作有关,因此迁移训练可以在训练的早期阶段有效提高击剑动作的准确性,此外该训练能改善优势手的表现。

3.2.3 高强度间歇训练

击剑是一项高强度间歇性运动,运动员需要在频繁的短时高强度比赛中依赖无氧能力竞技^[83]。Milia等^[31]的研究发现,在比赛间隙的最后3 min内,被研究的变量(心率和血乳酸)并未恢复至基线水

平,从而指出运动员需要采用特定的训练方案来提升这一能力,并推荐使用高强度间歇训练(HIIT)。HIIT针对击剑的“启停”和爆发性特点,能引发高血乳酸反应,有助于适应击剑的恢复过程,减少 H^+ 积累,增加 H^+ 的耐受性。因此,低强度有氧耐力训练在一定条件下或不利于击剑表现(提升恢复能力的有氧训练除外),应优先考虑HIIT^[4]。在击剑比赛的休息时间内,运动员的心率和血乳酸浓度未能恢复至静息水平。通过实施HIIT,运动员可以更好地适应击剑项目中的爆发性 and 间歇性特征,提高能量系统的适应性,更快地从高强度活动中恢复,有助于保持高水平的竞技能力。此外,HIIT引发的高血乳酸反应有助于运动员适应乳酸积累,意味着他们可以更好地忍受剧烈运动中产生的 H^+ ,减轻疲劳对表现的不利影响。张晓^[84]的研究比较了基于Burpees和双摇跳绳的两种HIIT训练方式,发现6周后,基于Burpees的HIIT能显著提升击剑运动员的最大摄氧量、降低体脂率,增强爆发力并显著提高弓步速度。而基于双摇跳绳的HIIT主要提升了击剑运动员的下肢爆发力。因此,选择合适的HIIT训练方法至关重要。以下为Turner^[4]根据Roi等^[1]的数据提出了适合所有击剑项目的常用HIIT方法(表10),教练员可结合实际予以参考。

3.2.4 技战术训练

技战术能力的不足常常导致比赛成绩不佳及表现不稳定^[85],在训练中应优先提升技战术能力。击剑运动要求运动员掌握精确的运动技巧,以应对比赛中频繁的进攻与防御。技术训练应关注于提高运动员的灵敏性和肌肉力量,特别是前进、后退、跳跃和触击对手等动作的精确执行^[3]。特别地,弓步技术作为技能训练的焦点,其速度和执行距离是关键,速度能有效压缩对手的反应机会^[40]。弓步的速度与后腿的垂直推力成反比,而与水平推力成正比,显示了后腿推动力在加速弓步速度和力量方面的重要性,这对于成功完成击剑进攻至关重要^[86]。Di等^[48]发现,通过强化离心训练,可以显著提高精英击剑运动员的技术动作、弓步距离和冲刺等表现。此外,可采用以下练习改善步法^[87]: ①进行30秒的前后移动练习,采用不同的步长、速度和节奏。②在上述基础动作中加入变化,特定时刻执行弓步并恢复,例如在一次后退或前进后立即进行另一次快速前进。③一

表 10 2-4-2 米穿梭的击剑高强度间歇训练

Tab.10 High-intensity interval training in fencing using the 2-4-2 meter shuttle

剑种	性别	训练: 休息	训练 (s)	休息 (s)	次数 × 组 ^a	COD (n)	总距离 (m) ^b	进攻 (n) ^c
重剑	男性	1: 1	15	15	7 × 3	210	672	126
花剑		1: 3	5	15	9 × 3	135	432	81
佩剑 ^d		1: 5	3	15	9 × 3	81	324	54
重剑	女性	2: 1	15	8	5 × 3	150	480	90
花剑		1: 3	5	15	8 × 3	120	384	72
佩剑		1: 5	3	15	8 × 3	72	288	48

注: COD=改变方向; a: 两组之间休息一分钟; b: 假定总距离为佩剑每 3 秒 0.75 圈(12 m), 花剑每 5 秒 1 圈(16 m), 重剑每 15 秒 2 圈(32 m); c: 适用于每次穿梭以进攻弓步结束的情况; d: 数值是基于对佩剑比赛的观察

名运动员引导进行前后移动, 另一名运动员跟随, 确保两人之间保持一致的距离。④引导者采用多样化的步伐尝试迷惑跟随者, 目的是让跟随者难以维持稳定的距离。跟随者不必完全模仿引导者的每个动作, 重点是保持恒定距离。⑤一名运动员将手掌伸出作为目标, 另一名运动员进行原地弓步, 尝试在脚触地前或触地同时, 用指尖触碰对方的手掌中心。每人执行 10 次。⑥类似于上一个练习, 但距离更远, 原地弓步扩展为一步弓步、两步弓步或远距离进攻。尽管技术训练对于技能提升至关重要, 但仅靠技术训练是不够的。要全面提高运动员的技能, 还必须结合针对性地专项体能训练。

战术在击剑中同样起着至关重要的作用, 因为运动员需要根据对手的行动采取合适的比赛策略^[88]。但是关于击剑战术训练并没有得到充分的科学论证^[89]。大多数研究将战术训练与技术训练相结合, 并致力于开发创新的技战术训练工具和方法^[88, 90]。在激烈的国际比赛中, 制定正确的战术决策并在关键时刻执行这些决策同样重要^[89]。一项针对 40 名格斗项目专家的调查发现, 精英击剑运动员应更加注重战术思维包括如何欺骗对手以引导其犯错误。这一能力可以通过语言、视觉和实践方法来提高, 例如, 使用视频分析、与队友或对手进行双人练习或实战练习以及学习不同项目的战术动作等^[89]。

综上所述, 技术训练方面, 重点应放在弓步技术的发展上, 这不仅包括提高移动速度和距离, 也涵盖了技术动作的精确性。尤其是, 弓步的成功关键在于速度。一个高效的弓步需要主导腿和非主导腿的最大力量和爆发力, 以及关节角度的特征和速度性

能, 还包括力量达到峰值的时间。这些因素共同决定了弓步的品质和准确度。强化离心训练对于提升运动员的弓步距离、技术动作和冲刺表现有显著效果。二是战术训练方面, 战术训练旨在培养运动员的战术思维, 包括如何策划比赛策略、如何通过欺骗动作使对手犯错等。战术训练通常与技术训练相结合, 旨在提升运动员的整体比赛表现。在击剑比赛中, 制定正确的战术决策并能在关键时刻执行这些决策至关重要, 这要求运动员具备高水平的战术理解能力。战术思维的提升可以通过视频分析、与队友或对手的实战练习, 以及研究不同击剑项目的战术动作等多种方式来实现。概言之, 技战术训练的核心在于提升弓步技术, 优化弓步的关键要素, 培养起步技巧和后腿的推动力, 同时结合实战训练, 以增强运动员的战术思维和决策能力。

3.2.5 心理训练

击剑是一项将体能、技术战术技能和心理过程高度融合的复杂运动。因此, 心理训练是科学化训练体系中不可或缺的一部分, 旨在培养运动员的认知功能、情绪韧性和自我调节能力。然而, 当前的研究相对不足。陈丹萍及其同事^[91]评估了生物反馈技术在击剑运动员心理控制训练中的效果, 记录了训练前后的生理指标变化, 其结果表明, 生物反馈训练能够帮助运动员掌握放松技巧, 从而提高心理控制力。此外, 通过表象训练期间的肌电图变化, 可以揭示不同剑种运动员的战术属性。更进一步, 运动员在比赛中遇到的各种逆境可能会影响他们的战术决策, 这就需要进行特定的逆境应对训练。章崇会等^[92]对一支击剑队进行了心理训练个案研究, 探讨了逆境应对心理训练范式。研究发现, 随着时

间的推移,男子重剑和花剑运动员在逆境认知上的能力得到了提升(三次调查的平均得分分别为: $S_1=40.47$; $S_2=46.85$; $S_3=50.32$)。综上所述,为了确保技术和战术技能水平的最佳展现,训练计划必须重视心理技能训练。目前,基于生物反馈技术的放松训练和表象训练等方法被广泛应用。此外,针对不同情境的特定训练技术,如逆境应对训练,也应当被采纳。

4 结语

精英击剑运动员竞技能力特征如下:①体能方面,击剑运动员的优势侧手臂、大腿和小腿的肌肉横截面积更大;比赛中主要依靠无氧代谢。②技术方面,弓步进攻、随机变向能力、冲刺(除佩剑)和与对手目标的距离感是其关键技术。③战术方面,击剑运动员对特定刺激的反应时间是决定竞技能力的一个重要因素,而刺激和反应之间的复杂相互作用涉及多个知觉和运动加工阶段,以及认知方面。④心理方面,精英击剑运动员抽象思维能力强,富有想象力和创造力。在比赛中,愤怒情绪会延长反应时间,较好的情绪控制能力和顽强的意志品质在精英运动员中表现得更为明显。训练策略包括:①力量训练应与快速伸缩复合训练相结合,以减少地面接触时间,提高力量速率,进而改善击剑竞技能力;②速度与爆发力密不可分,可以借助力量与爆发力训练发展击剑速度表现,此外,SAQ训练和迁移训练都可有效发展速度素质;③有氧耐力训练应注意避免低强度训练对击剑竞技能力的不利影响,而代谢调节最好来自高强度间歇训练;④技能训练应在多种步法练习的基础上,发展技能本身的运动能力,可通过强化离心训练提升技术动作、弓步距离和冲刺的专项体能水平;⑤战术训练应更加注重战术思维能力的提高,可借助语言、视觉和实践方法提升战术能力。⑥心理训练常采用基于生物反馈技术的放松训练、表象训练和逆境应对训练等方法提升心理控制能力。上述研究为丰富和促进国内精英击剑运动员训练理论与方法系统化和科学化进程提供了一定的实证与实践参考。然而,本文重点关注弓步进攻和冲刺技术,缺乏其他技术训练的整合。此外,竞技能力与训练负荷量化评估等仍有待深入,以及数字化智能化训练方法手段应用研究尚待推进等,这些都

将是未来亟需进一步研究拓展的领域。

参考文献:

- [1] ROI G S, BIANCHEDI D. The science of fencing: implications for performance and injury prevention [J]. Sports medicine, 2008, 38(6): 465-481.
- [2] WHITE M. Off-season strength training for the competitive fencer [J]. Strength & Conditioning Journal, 1995, 17(6): 62-64.
- [3] MAGYAR P, ORAVITAN M. Effective training interventions for the development of speed in fencing: a systematic review [J]. Discobolul-Physical Education, Sport & Kinetotherapy Journal, 2021, 60(4): 465-474.
- [4] TURNER A, MILLER S, STEWART P, et al. Strength and conditioning for fencing [J]. Strength & Conditioning Journal, 2013, 35(1): 1-9.
- [5] 张卫, 陈德志, 张志斌, 等. 广州地区青少年击剑运动员基础体能特征与评价的研究 [J]. 广州体育学院学报, 2018, 38(2): 105-108, 120.
- [6] 周志雄, 王琛, 王泳超, 等. 优秀青少年击剑运动员功能性动作能力与下肢爆发力的相关性 [J]. 首都体育学院学报, 2016, 28(4): 348-351.
- [7] 郭黎, 陆爱发, 陈文鹤. 我国优秀击剑运动员有氧及无氧能力测试与分析 [J]. 上海体育学院学报, 2009, 33(1): 43-46.
- [8] 胡咏梅, 姚家新, 孙爱华, 等. 中国击剑队备战、参赛北京奥运会的心理训练 [J]. 天津体育学院学报, 2009, 24(1): 14-16.
- [9] 杨国庆, 彭国强, 刘红建, 等. 中国奥运冠军成长规律与时代启示 [J]. 体育科学, 2021, 41(5): 3-14, 52.
- [10] WANG S-T, HOU C-W, CHEN H-T, et al. 複合式訓練對擊劍運動員下肢等速肌力之影響 [J]. 大專體育學刊, 2019, 21(1): 30-46.
- [11] 赵传杰, 张辉. 击剑运动项目技战术特征的理论研究 [J]. 南京体育学院学报(社会科学版), 2009, 23(3): 116-119.
- [12] 管延飞, 郭黎, 吴娜娜, 等. 不同水平击剑运动员弓步动作中膝关节的生物力学分析 [J]. 中国体育科技, 2015, 51(4): 58-62.
- [13] 杨恒郁, 仲满, 沈朝阳, 等. 东京奥运会延期对我国击剑队奥运备战的影响 [J]. 南京体育学院学报, 2020, 19(7): 65-73.
- [14] 胡海旭, 金成平. 智能化时代的个性化训练——机器学习应用研究进展与数字化未来 [J]. 体育学研究, 2021, 35(4): 9-19.
- [15] 夏力, 高玉花, 谢云, 等. 中国运动训练学话语体系中的核心概念及其建构 [J/OL]. 体育学研究, 1-18 [2024-05-06]. <https://doi.org/10.15877/j.cnki.nsic.20240023.001>.
- [16] 吴彰忠, 钟亚平, 史金田, 等. 数智赋能科学训练: 内涵逻辑、国际经验与本土实践 [J]. 体育学研究, 2023, 37(1): 82-94.
- [17] 陈尹. 混合研究方法热潮下的冷思考 [J]. 体育学研究, 2023, 37(4): 123.

- [18] 石岩, 周浩. 混合方法在体育科学研究中的价值及设计思路[J]. 体育学研究, 2023, 37(3): 1-10.
- [19] HONG Q N, FABREGUES S, BARTLET G, et al. The Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) version 2018 for information professionals and researchers[J]. Education for information, 2018, 34(4): 285-291.
- [20] TSOLAKIS C, VAGENAS G. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite and sub-elite fencers[J]. Journal of Human Kinetics, 2010, 23(2010): 89-95.
- [21] WYLDE J M, TAN F H Y, O'DONOGHUE G P. A time-motion analysis of elite women's foil fencing[J]. International Journal of Performance Analysis in Sport, 2017, 13(2): 365-376.
- [22] GUILHEM G, GIROUX C, COUTURIER A, et al. Mechanical and muscular coordination patterns during a high-level fencing assault[J]. Med Sci Sports Exerc, 2014, 46(2): 341-350.
- [23] AQUILI A, TANCREDI V, TRIOSI T, et al. Performance analysis in saber[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2013, 27(3): 624-630.
- [24] RIVERA M A, RIVERA-BROWN A M, FRONTERA W R. Health related physical fitness characteristics of elite Puerto Rican athletes[J]. The Journal of Strength & Conditioning Research, 1998, 12(3): 199-203.
- [25] NYSTROM J, LINDWALL O, CECI R, et al. Physiological and morphological characteristics of world class fencers[J]. International journal of sports medicine, 1990, 11(2): 136-139.
- [26] KOUTEDAKIS Y, RIDGEON A, SHARP N C, et al. Seasonal variation of selected performance parameters in épée fencers[J]. Br J Sports Med, 1993, 27(3): 171-174.
- [27] VANDER L B, FRANKLIN B A, WRISLEY D, et al. Physiological profile of national-class national collegiate athletic association fencers[J]. JAMA, 1984, 252(4): 500-503.
- [28] TSOLAKIS C, KOSTAKI E, VAGENAS G. Anthropometric, flexibility, strength-power, and sport-specific correlates in elite fencing[J]. Percept Mot Skills, 2010, 110(32): 1015-1028.
- [29] NTAI A, TSOLAKIS C, SMIRNIOTOU A, et al. Anthropometric and leg power factors affect offensive kinetic patterns in fencing[J]. International journal of exercise science, 2021, 14(4): 919-931.
- [30] BESCOS R, ESTEVE M, PORTA J, et al. Prenatal programming of sporting success: associations of digit ratio (2D: 4D), a putative marker for prenatal androgen action, with world rankings in female fencers[J]. J Sports Sci, 2009, 27(6): 625-632.
- [31] MILIA R, ROBERTO S, PINNA M, et al. Physiological responses and energy expenditure during competitive fencing[J]. Applied physiology, nutrition, and metabolism, 2014, 39(3): 324-328.
- [32] BOTTOMS L. Physiological responses and energy expenditure to simulated epee fencing in elite female fencers[J]. Serbian journal of sports sciences, 2011, 5(1): 17-20.
- [33] WILLIAMS L R, WALMSLEY A. Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers[J]. J Sci Med Sport, 2000, 3(4): 460-475.
- [34] GUTIERREZ-DAVILA M, JAVIER ROJAS F, ANTONIO R, et al. Effect of uncertainty on the reaction response in fencing[J]. Research quarterly for exercise and sport, 2013, 84(1): 16-23.
- [35] HARMENBERG J, CECI R, BARVESTAD P, et al. Comparison of different tests of fencing performance[J]. International journal of sports medicine, 1991, 12(6): 573-576.
- [36] GUTIERREZ-DAVILA M, ROJAS F J, GUTIERREZ-CRUZ C, et al. Effect of dual-attention task on attack and defensive actions in fencing[J]. Eur J Sport Sci, 2017, 17(8): 1004-1012.
- [37] BORYSIUK Z, MARKOWSKA N, KONIECZNY M, et al. Fleche versus lunge as the optimal footwork technique in fencing[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(13): 2315.
- [38] GUIMARÃES C P, BALBIO V, CID G L, et al. The determinants of a good lunge performance in fencing-in two approaches[C]//Sport Science Research and Technology Support: 4th and 5th International Congress Selected Papers 4. Springer International Publishing, 2019: 1-17.
- [39] GUAN Y, GUO L, WU N, et al. Biomechanical insights into the determinants of speed in the fencing lunge[J]. Eur J Sport Sci, 2018, 18(2): 201-208.
- [40] GHOLIPOUR M, TABRIZI A, FARAHMAND F. Kinematics analysis of lunge fencing using stereophotogrammetry[J]. World J Sport Sci, 2008, 1(1): 32-37.
- [41] YIOU E, DO M C. In fencing, does intensive practice equally improve the speed performance of the touche when it is performed alone and in combination with the lunge? [J]. International journal of sports medicine, 2000, 21(2): 122-126.
- [42] FRERE J, GOPFERT B, NUESCH C, et al. Kinematical and EMG-classifications of a fencing attack[J]. International journal of sports medicine, 2011, 32(1): 28-34.
- [43] TURNER A N, MARSHALL G, NOTO A, et al. Staying out of range: increasing attacking distance in fencing[J]. Int J Sports Physiol Perform, 2017, 12(10): 1319-1323.
- [44] DORON J, MARTINENT G. Appraisal, coping, emotion, and performance during elite fencing matches: a random coefficient regression model approach[J]. Scand J Med Sci Sports, 2017, 27(9): 1015-1025.
- [45] ZUR I, COOKE A, WOODMAN T, et al. Don't make me angry! A psychophysiological examination of the anger-performance relationship in intermediate and elite fencers[J]. Journal of Applied Sport Psychology, 2019, 31(3): 285-302.

- [46] HOCH F, WERLE E, WEICKER H. Sympathoadrenergic regulation in elite fencers in training and competition[J]. International journal of sports medicine, 1988, 9(12): 141-145.
- [47] WILLIAM J M, HOEPNER B J, MOODY D L, et al. Personality traits of champion level female fencers[J]. Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation, 1970, 41(3): 446-453.
- [48] DI CAGNO A, IULIANO E, BUONSENSO A, et al. Effects of accentuated eccentric training vs plyometric training on performance of young elite fencers[J]. Journal of sports science & medicine, 2020, 19(4): 70-81.
- [49] MOHAMED S A, LARION A. Effect of SAQ training on certain physical variables and performance level for sabre fencers[J]. Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health, 2018, 18(1): 46-51.
- [50] REDONDO J C, ALONSO C J, SEDANO S, et al. Effects of a 12-week strength training program on experimented fencers' movement time[J]. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2014, 28(12): 3375-3384.
- (注: 由于版面限制, 参考文献[51-93]略, 如需查询, 请与作者联系。)

作者贡献声明:

胡海旭: 选题撰写, 研究设计, 论文修改; 王中迪: 论文撰写, 论文修改; 金成平、秦学林、吴海艳: 参与选题讨论, 提出修改意见; 杨成波、高平: 提出修改意见, 参与论文讨论。

Characteristics of Sporting Ability and Training Strategies of Elite Fencing Athletes

——based on Integration of Systematic Review and Confirmatory Practice

HU Haixu¹, WANG Zhongdi¹, JIN Chengping², QIN Xuelin³, WU Haiyan¹, YANG Chengbo⁴, GAO Ping⁵

(1. School of Sports Training, Nanjing Sport Institute, Nanjing 210014, China; 2. School of Physical Education, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 3. Institute of Sports Science, Nanjing Sport Institute, Nanjing 210014, China; 4. School of Sports Training, Chengdu Sport University, Chengdu 610041, China; 5. School of Sports Training, Wuhan Sports University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Fencing, identified as a potential strength in our country's sports portfolio, has experienced a decline in performance in the last two Olympic Games, necessitating the development of scientifically grounded training strategies. This paper synthesizes findings from a comprehensive analysis of 31 empirical and quantitative research articles retrieved from databases such as Web of Science, PubMed, EBSCOhost, Scopus, and IEEE Xplore, integrating globally recognized fencing training theories and methodologies. The study reveals that fencing heavily relies on skill, speed, agility, explosive power, and anaerobic endurance, characterizing it as an open-skill sport. The athletic performance features and training strategies are as follows: ① Sporting ability characteristics: Physically, elite fencers have significant limb asymmetry in muscle mass, have greater arm and leg spans, and rely primarily on anaerobic metabolic capacity. Technically, the lunge and its speed, random change of direction in time and space, fleche (except for saber) and a sense of distance and speed mastery are key. Tactically, it is critical to react quickly and accurately to specific stimuli to identify and capitalize on the best time to attack. Moreover, the concealment of movements and the diversity and variability of techniques are key. Psychologically, elite athletes demonstrate higher levels of abstract thinking and creativity, as well as self-adaptation and adjustment, and emotional control. ② Training Strategies: Specialized strength training should be combined with training methods of plyometric, romanian and stiff-legged dead-lift; specialized speed training emphasizes improvement with Speed, Agility, Quickness (SAQ) training and transfer training. Energy system training should avoid low-intensity specialized aerobic training (except for recovery-enhancing aerobic sessions), and focus on high-intensity intervals that fit the specialty. Technical training should utilize a variety of footwork drills and emphasize sport-specific physical conditioning. Tactical training should focus on developing winning strategies for critical points and enhancing tactical thinking abilities through verbal, visual, and practical methods. Psychological training can enhance mental control through relaxation training based on biofeedback, imagery training, and adversity response training.

Key words: elite fencing athletes; sporting ability; training strategies; strength and conditioning training; technical and tactical training