



成熟度与青少年足球人才识别:方法、影响与展望

Maturity and Talent Identification in Youth Football: Methods, Effects, and Prospects

黄蓝敏¹, 甘建宇¹, 孔凡明², 米靖^{1*}, 陈永辉¹

HUANG Lanmin¹, GAN Jianyu¹, KONG Fanming², MI Jing^{1*}, CHEN Yonghui¹

摘要: 青少年足球人才识别通常基于足球运动员的早期运动表现,同一实足年龄内的青少年足球运动员在成熟度上可能存在较大差异,以成熟度作为分组标准有利于确保选拔的科学性和准确性。通过系统梳理近20年国内外成熟度相关文献,回顾成熟度的评估方法及其对足球人才识别的影响,研究发现:1)国外关于成熟度及其对青少年足球人才识别的影响研究主要涵盖人体测量及身体组成参数、身体素质、技术、战术和心智能力等方面;2)提前成熟运动员在身高、体重、最大力量、爆发力、速度和无氧耐力方面具有短暂优势,但准时和延迟成熟运动员可能会在后期赶上甚至超越提前成熟运动员;3)协调素质、技术及战术能力受成熟度影响较小,建议在选拔标准中加大其权重;4)由于不同研究在测试方法及样本特征等方面存在较大差异,现有研究关于成熟度对灵敏素质、有氧耐力以及心智能力的影响尚未达成共识。教练员应深刻理解成熟度在青少年足球人才识别中的关键作用,全面关注个体差异以确保人才选拔的准确性,从而为青少年足球运动员的科学发展提供指导。

关键词: 成熟度;实足年龄;人才识别;足球;青少年

Abstract: Talent identification of youth football players is often based on the early athletic accomplishments, and the significant disparities in maturity among players of the same chronological age can exist. Utilizing maturity as the grouping criterion is beneficial in ensuring the scientific and precise selection practices. Through a systematic review of domestic and international literature on maturity spanning the past two decades, assessment methods and their effects on the football talent identification are reviewed. The study found that: 1) Extensive researches by international scholars on maturity and its effects on identifying youth football talent, encompassing anthropometric and body composition parameters, physical fitness, technical skills, tactics, and mental abilities; 2) early-maturing athletes have temporary advantages in height, weight, maximal strength, explosive power, speed, and anaerobic endurance, while punctual and late-maturing athletes may catch up or even surpass them in the later stage; 3) coordination, technical, and tactical ability are less influenced by maturity, and it is suggested to increase their criteria weights in selection processes; 4) due to the inconsistency of test methods used in different studies and the wide variation in sample characteristics, there is no consensus among existing studies on the effects of maturity on agility, aerobic endurance, and mental capabilities. Coaches should grasp the pivotal role of maturity in youth football talent identification, emphasize individual differences to ensure accurate selection, so as to guide the scientific development of young footballers.

Keywords: maturity; chronological age; talent identification; football; youth

中图分类号: G808.18 **文献标识码:** A

基金项目:

中央高校基本科研业务费专项资金资助课题(2024YDXL001);国家体育总局运动训练重点实验室项目

第一作者简介:

黄蓝敏(2000-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为青少年体育, E-mail: Huanglanmin1106@163.com。

*通信作者简介:

米靖(1970-),男,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为青少年体育、竞技体育发展战略, E-mail: taishanmijing@126.com。

作者单位:

1. 北京体育大学,北京 100084;
2. 中国矿业大学(北京),北京 100083

1. Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

2. China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China.

人才识别是评估个体在一项运动中取得成功可能性的过程(William et al., 2000)。在以往的足球人才识别中,教练员和球探通常以主观经验为判断的主要依据,更关注运动员的当下成绩,容易导致选材的不一致性以及对青少年足球运动员长期运动潜力的误判(Christensen et al., 2009)。因此,近年来运动科学领域越来越重视人才识别支撑体系的科学化建立,教练员以及相关专业人员在不断借鉴、摸索和创新的过程中丰富

并完善了识别指标以进行多维度考量,涵盖技战术及心智能力等(卞超等,2023;梁斌等,2018;杨沛然等,2023;赵刚等,2023)。

目前,我国关于青少年足球人才识别的研究主要集中在对不同年龄段优秀青少年运动员身体形态(黄永正等,2023)、身体素质(龚炳南等,2021;姜哲等,2021;王凡等,2021)以及技术特征(卞超等,2023;吴放等,2021)的分析总结,以期建立针对青少年足球运动员的高水平评价选优体系。但有研究指出,青少年运动员当下的成功表现并不能准确预测未来的竞技水平(Tribolet et al., 2018)。成熟是发生在个体所有身体组织、器官和系统中的过程,个体的成熟水平通过成熟度来反映(Malina et al., 2015)。相同的实足年龄(chronological age, CA),即在根据出生日期得出的年龄下,运动员之间的成熟度可能存在较大的差异。这是因为生长突增期(如身高和体重的迅速增长)可能在时机和速度上存在个体差异,而这些变化与运动员的身体素质密切相关(Pearson et al., 2006)。因此,以 CA 为分组依据时,运动员成熟度差异较大,传统的人才识别模型应用效果较差(刘卫民等,2011)。研究表明,教练员通常倾向于认为提前成熟运动员具备更大的长期潜力(Tribolet et al., 2018)。对此,有研究发现,与准时和延迟成熟运动员相比,提前成熟运动员被选拔至国家精英训练队的可能性高出 20 倍(Johnson et al., 2017)。因此,在人才识别的过程中未充分考虑运动员的成熟度,可能导致对其未来竞技水平的错误评估,使具有长期发展潜力的运动员失去接受培养的机会,从而影响人才识别的有效性和队伍的未来潜在成就(Malina et al., 2000)。基于此,本研究通过文献资料调研,在中国知网、万方数据知识服务平台、PubMed、Web of Science、EBSCO 数据库中进行检索,关键词包括“成熟度”“足球”“人才识别”“maturity”“football”“talent identification”等,检索时间截至 2024 年 5 月 30 日,最终纳入 72 篇文献。通过系统梳理成熟度对青少年足球运动员人才识别影响的相关文献,介绍成熟度相关测评方法并综合分析成熟度对青少年足球运动员人体测量及身体组成参数、身体素质、技术能力、战术能力以及心智能力的影响。

1 成熟度的评估

成熟度是指个体在被观察时达到的生物成熟水平(Cumming et al., 2017),被认为是识别和发展具有天赋的足球运动员的核心(Bradley et al., 2019)。对于成熟度的评估主要从成熟状态和成熟时机两方面进行,即观察在某一 CA 的成熟水平和特定成熟事件发生时的 CA(Malina et al., 2019),前者是根据骨龄(skeletal age, SA)或第二性征的出现来定义的,而后者主要以月经初潮年龄以及身高增长速度峰值年龄(age at peak height velocity, APHV)

定义(Malina et al., 2015)。在运动员人才识别的背景中,深入了解个体的成熟状态和成熟时机对于准确评估其潜力和发展前景至关重要。

1.1 侵入性方法

1.1.1 SA

SA 评估被认为是衡量成熟状态的“金标准”(Sullivan et al., 2023),通常需要拍摄手部或腕部的 X 线片并将其与标准化图像进行比较或采取特定的方法进行分析,在评估过程中需要在具有专业临床知识的医生指导下进行。目前,国际上主要采用 3 种常用的 SA 评估方法:Tanner-Whitehouse(TW)计分法、Greulich-Pyle(G-P)图谱法以及 Fels 法(Greulich et al., 1959; Roche et al., 1988; Tanner et al., 1975, 1983, 2001)。3 种方法原理相似,但在评估的参考样本、取样方法及评价标准上有所不同。考虑到参考样本可能带来的评估差异,我国学者在 TW 计分法的基础上以中国儿童为参考样本,基于其手腕部骨骼发育特点先后开发了 CHN 计分法(张绍岩等,1995)和中华-05 法(张绍岩,2015)。通过 SA 评估成熟度时,根据 SA-CA 将个体划分为不同的成熟度分组,包括提前成熟(SA-CA>1 年)、准时成熟(SA-CA=±1 年)和延迟成熟(SA-CA<-1 年)(Malina, 2011)。

超声技术、磁共振成像以及计算机辅助 SA 评分系统等新兴 SA 测评技术正在逐步应用于实践,为 SA 评估提供了无创、精准和多样化的选择。尽管 SA 评估被认为是评估成熟状态的“金标准”之一,但也存在一定的局限性。SA 评估具有侵入性,需要进行医学扫描,可能会使个体处于辐射暴露。此外,SA 评估成本较高,并且需要在具备专业临床知识的医生指导下进行,这在一定程度限制了该方法的推广。

1.1.2 第二性征

第二性征评估主要适用于对青春期个体成熟状态的评估,评估过程中要求参与者自行报告其性成熟程度或者由临床医生评估其第二性征(Towlson et al., 2021)。目前常用的方法是坦纳分期法,主要通过观察第二性征,使用 5 个不同的发育阶段描述不同性征的发展。第二性征的发育反映了神经内分泌系统的下丘脑-垂体-性腺轴和下丘脑-垂体-肾上腺轴的成熟过程(Cameron et al., 2016; Malina et al., 2015)。

尽管第二性征被广泛用作评价成熟状态的重要依据,但不同第二性征的起始时间和持续时间并不一致,因此在评估时具有不确定性(Pearson et al., 2006)。同时,使用参与者自行报告的方法评估性成熟程度可以降低隐私泄露风险,但这种评估方式存在一定的主观性,有研究指出,男生通常倾向于高估自己的成熟程度,而女生则倾向于低估其成熟程度(Malina et al., 2015)。

1.1.3 APHV 和月经初潮

成熟时机的评估指标包括 APHV 和月经初潮年龄。随着生长突增的开始,个体的身高增长速度迅速增加,直到达到身高速度高峰(peak height velocity, PHV),即突增期身高增长的最大速度。此后,身高增长速度逐渐放缓,直到最终停止增长。APHV 是指个体身高增长速度达到最大值时的 CA,通常需要定期收集青少年每年或每半年的身高数据以绘制生长速度曲线,从而确定 APHV(Malina et al., 2019; Tribolet et al., 2018)。由于纵向研究成本较高,目前常用的方法是通过选择不同类型的生长曲线模型并结合个体身高数据进行拟合,估算其 APHV(Malina et al., 2015)。男性的 APHV 通常出现在 13 岁左右,而女性的 APHV 通常相较于男性提早 2 年(朱镕鑫等, 2023)。在测量身高以计算 APHV 时,建议对身体姿势、测量人员、设备和测试时间进行标准化,以保证准确监测。例如,日常活动量可能会导致脊椎收缩从而影响测量的准确性,因此应尽量在统一的时间段进行测量(Malina et al., 2015)。

月经初潮通常发生在身高增长速度达到峰值后逐渐减缓至最低点时(Malina et al., 1997)。目前,常见的 3 种确定月经初潮年龄的方法包括前瞻法、现状法和回忆法。前瞻法是通过向女生或其母亲进行面谈和定期随访,直到女生首次月经来潮。现状法通常应用于 9~17 岁的大

样本研究,在选定的样本中收集包括受访者的 CA 以及是否经历了月经初潮等相关信息,并通过概率或对数分析等统计方法对数据进行处理以确定样本月经初潮年龄的中位数,这是一种相对快速和经济的数据收集方法。回忆法则是通过向女生提问,让其回忆并报告首次月经来潮的时间,该方法相对容易实施,但可能会受到记忆偏差的影响(Cumming et al., 2017; Malina et al., 2015)。

1.2 非侵入性方法

考虑到 SA 和第二性征评估方法的侵入性(如辐射暴露或隐私泄露)以及进行纵向研究的人力等成本耗费,研究人员和从业人员倾向于使用人体测量学指标评估成熟状态和成熟时机(表 1),这些方法因具有非侵入性、使用成本低且适用于大规模人群筛查等优势而受到关注(Sullivan et al., 2023)。预测成人身高百分比(percentage of predict adult height, PAH%)可用于评估成熟状态,成熟度偏移(maturity offset, MO)和成熟比率(maturity ratio)则可用于评估成熟时机,两种评估方法已在一些大型足球管理机构中得到广泛应用。例如,英格兰足球超级联赛(English Premier Leagues)要求教练员通过 PAH%和 MO 预测青少年足球运动员的成熟度,并将其作为开展训练及选拔的重要依据(Towilson et al., 2021)。

表 1 青少年足球运动员非侵入性成熟度评估方法计算公式(Towilson et al., 2021)

Table 1 Calculation Formulas for Non-invasive Maturity Assessment Methods in Youth Football Players (Towilson et al., 2021)

资料来源	适用对象	
	男	女
Mirwald 等 (2002)	$MO = -9.236 + [0.000\ 270\ 8 \times (\text{腿长} \times \text{坐高})] + [-0.001\ 663 \times (\text{CA} \times \text{腿长})] + [0.007\ 216 \times (\text{CA} \times \text{坐高})] + [0.022\ 92 \times (\text{体重}/\text{身高})]$	$MO = -9.376 + [0.000\ 188\ 2 \times (\text{腿长} \times \text{坐高})] + [0.002\ 2 \times (\text{CA} \times \text{腿长})] + [0.005\ 841 \times (\text{CA} \times \text{坐高})] - [0.002\ 658 \times (\text{CA} \times \text{体重})] + [0.076\ 93 \times (\text{体重}/\text{身高})]$
Moore 等 (2015)	$MO = -8.128\ 741 + [0.007\ 034\ 6 \times (\text{CA} \times \text{坐高})]$ $MO = -7.999\ 994 + [0.003\ 612\ 4 \times (\text{CA} \times \text{身高})]$	$MO = -7.709\ 133 + [0.004\ 223\ 2 \times (\text{CA} \times \text{身高})]$
Fransen 等 (2018)	成熟比率 = $6.986\ 547\ 255\ 416 + (0.115\ 802\ 846\ 632 \times \text{CA}) + (0.001\ 450\ 825\ 199 \times \text{CA}^2) + (0.004\ 518\ 400\ 406 \times \text{体重}) - (0.000\ 034\ 086\ 447 \times \text{体重}^2) - (0.151\ 951\ 447\ 289 \times \text{身高}) + (0.000\ 932\ 836\ 659 \times \text{身高}^2) - (0.000\ 001\ 656\ 585 \times \text{身高}^3) + (0.032\ 198\ 263\ 733 \times \text{腿长}) - (0.000\ 269\ 025\ 264 \times \text{腿长}^2) - (0.000\ 760\ 897\ 942 \times \text{身高} \times \text{CA})$	不适用
Khamis 等 (1994)	预测成年身高 = $\beta_0 + \beta_1 \times \text{身高} + \beta_2 \times \text{体重} + \beta_3 \times \text{父母平均身高}$	预测成年身高 = $\beta_0 + \beta_1 \times \text{身高} + \beta_2 \times \text{体重} + \beta_3 \times \text{父母平均身高}$

注: β_0 为性别和年龄的特异性截距, β_1 、 β_2 和 β_3 分别代表与性别和年龄相关的特定回归系数。

1.2.1 PAH%

PAH%的核心是根据个体的 CA、身高、体重以及父母身高等指标预测其成年身高,随后计算个体当前身高占其预测成年身高的百分比,将个体 PAH%与其所属年龄和性别的常模进行比较可确定个体成熟度(Malina et al., 2015)。通常,更接近成年身高的个体与其他同龄人相比更加成熟。

Khamis-Roche 方法是计算 PAH%的常用方法,基于

Khamis 等(1994)开发的成年身高预测方程进行计算。Khamis-Roche 方法的有效性已在 9~14 岁美国足球青少年和 11~14 岁葡萄牙足球青少年中得到验证,基于该方法所得出的 PAH%与 SA 评估的成熟状态分类一致性可达到 62%,仅略低于第二性征评估相对于 SA 评估的一致性(Malina et al., 2007, 2012)。此外,该方法在北美和英国青少年样本中也显示出较高的同步效度和预测效度(Cumming

et al., 2006, 2014; Malina et al., 2005, 2006)。然而, Khamis-Roche 方法的不足在于需要使用父母双方的准确身高数据以预测个体成年身高, 如果无法获得父母身高数据则需要使用全国男性和女性的平均身高作为代替, 这可能会增加预测的标准误差 (Parr et al., 2020; Sullivan et al., 2023)。

1.2.2 MO

MO 的核心是估计个体的 CA 相对于其达到 APHV 的时间差, 即距离 APHV 的年际距离 (years from peak height velocity, YPHV), 以评估个体的成熟时机 (Towilson et al., 2021)。在该方法中, APHV 是由个体的实际年龄减去其 MO 量进行估算的, 即 $APHV = CA - MO$ 。MO 根据个体的 CA、站立高度、体重、坐高和腿长并结合性别特异性的公式进行计算, 通常是正数、负数或接近 0 的值, 以此将青少年运动员划分为提前成熟 ($YPHV > 1.0$)、准时成熟 ($-1.0 \leq YPHV \leq 1.0$) 和延迟成熟 ($YPHV < -1.0$) 3 个类别 (Marshall et al., 1970)。图 1 为不同成熟度群体的平均身高增长速度曲线。

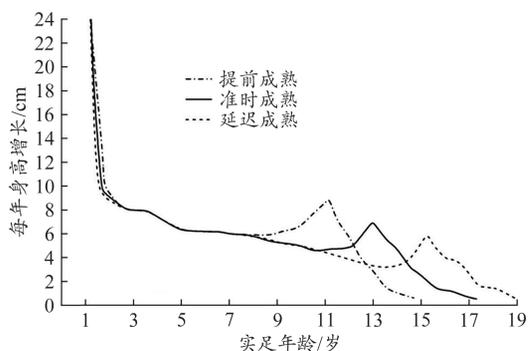


图 1 不同成熟度分组的平均身高增长速度曲线 (Baker et al., 2021; Baxter-Jones et al., 2017)

Figure 1. Average Height Growth Rate Curves of Different Maturity Groups (Baker et al., 2021; Baxter-Jones et al., 2017)

Mirwald 等 (2002) 所创建的基于 MO 预测 APHV 的方程已被广泛应用于研究, 但存在对提前成熟儿童的 APHV 预测过高、对延迟成熟儿童预测过低的局限性。目前该方程已被调整优化为 Moore 方程 (Moore et al., 2015), 但仍然存在上述局限 (Sullivan et al., 2023; Towilson et al., 2021)。尽管这些方程的预测效果受到样本特征和规模的影响, 但其仍在理解和预测个体生长发育过程中具有重要的参考价值 (Malina et al., 2015, 2019), 未来需要进一步验证上述预测方程在中国青少年足球运动员中的有效性。

1.2.3 成熟比率

Fransen 等 (2018) 提出了一种提高 APHV 预测精度的新方法, 即成熟比率法, 其定义为 CA 与 APHV 的比值。这种方法通过构建人体测量学指标与成熟比率之间的非线性关系, 并将其与 Mirwald 等 (2002) 的原始数据集进行

拟合, 随后采集 1 330 名比利时高水平青少年足球运动员的数据对该方法进行验证 (Fransen et al., 2018)。有学者认为, 该方法是最适用于青少年足球运动员的成熟度评估方法, 然而该方法目前仅在男生中进行了验证, 且其有效性和准确性仍存在争议 (Fransen et al., 2018; Towilson et al., 2021)。因此, 有必要进一步验证该方法在不同人群和环境中的准确性和适用性。

综上所述, SA 评估被认为在儿童至成人的整个时期均具有较高的可靠性, 但由于其对设备和人员的要求较高, 通常仅适用于资源充足的职业体育组织。第二性征和初潮年龄评估存在隐私暴露风险, 且仅适用于处于青春期阶段的个体。相比之下, 非侵入性方法更具可行性, 但其方程参数可能会受样本群体特征 (如身高、坐高等) 的影响, 需要进一步在不同项目、国家 (地区) 的运动员中加以验证。此外, 教练员和相关专业人员进行成熟度评估时应保持方法的一致性, 避免交叉使用不同的评估方法, 以确保结果的可比较性和准确性。

2 成熟度对青少年足球人才识别的影响

青少年足球人才识别不仅包括人体测量和身体组成参数测算、身体素质及技术水平评估, 还需要综合考虑战术能力、心智能力和社交能力等多个方面。个体在成熟度上的差异可能会对上述指标的评估结果产生直接影响。因此, 深入了解成熟度与人才识别各维度之间的关系有助于更准确地评估青少年运动员的运动潜力, 降低偏见与误判的可能性。

2.1 成熟度对于人体测量和身体组成参数的影响

身体尺寸、围度和其他人体测量学指标被认为是精英足球运动员选材的关键因素 (Borges et al., 2023)。青少年足球运动员生长突增期的起始时间和增长幅度存在明显的个体差异, 导致了成熟度的差异。研究表明, 教练员倾向于选拔身材高大、强壮的运动员, 提前成熟运动员在身高和体重上较准时和延迟成熟运动员更具优势 (Čaušević et al., 2023)。然而这种优势从成年早期开始会逐渐减弱, 成熟度对身高的影响会随 CA 增长而减小, 准时或延迟成熟运动员可能会赶上甚至超过提前成熟的运动员 (Borges et al., 2023)。有研究对 U13~U15 的青少年足球运动员展开调查发现, U13 运动员身高和体重的成熟度组别差异显著, 提前成熟运动员有明显优势, 而在 U15 运动员中这种优势有所减弱 (Yang et al., 2022)。另有研究表明, 成熟度对青少年女子足球运动员身高和体重的影响与青少年男子足球运动员一致 (Emmonds et al., 2020)。

运动员的身体组成参数也会显著影响青少年足球运动员在识别过程中的表现, 尤其是体脂率被认为与速度和灵敏素质高度相关 (Čaušević et al., 2023)。有研究发现, 不同成熟度分组的 U13~U15 优秀青少年男子足球运

运动员虽然在体重上存在显著差异,但体脂率之间并无显著差异,原因是骨骼和肌肉质量有显著增加(Borges et al., 2023; Yang et al., 2022)。另一项针对U15男子足球运动员的研究也得出了一致的结论,即处于不同成熟度阶段的运动员在去脂体重和肌肉质量上存在显著差异(Čaušević et al., 2023),睾酮水平的显著增加可能是影响男生青春期肌肉发展的关键因素(Baldari et al., 2009)。因此,在相同年龄组的比赛中,提前成熟的男性运动员比准时成熟和延迟成熟的男性运动员更具优势。而女生在青春期并未出现肌肉质量发育陡增,体重的显著增加具体表现为体脂率的上升(Emmonds et al., 2020)。

青少年足球运动员的体型特征显著影响其执行特定技术和有效对抗对手的能力(Čaušević et al., 2023)。研究发现,提前成熟运动员在腿长和大腿围度上的发育优于准时和延迟成熟运动员,但随着CA的增长,这种差异会逐渐减小(Yang et al., 2022)。就躯干部分而言,在青春期发育过程中,女生的臀部相对于肩部变宽,男生则是肩部相对于臀部变宽(Čaušević et al., 2023; Emmonds et al., 2020)。Heath-Carter体型法是一种广泛应用于人体测量和体型评估的方法,其将运动员分为脂肪含量相对较多的内胚型、肌肉以及骨骼质量较发达的中胚型以及身体线性特征明显的外胚型。有研究发现,提前成熟运动员除了在人体测量以及身体组成参数方面具有优势外,身体形态也更倾向于外胚型,使其在速度、敏捷性等方面更具优势(Čaušević et al., 2023)。

综上所述,提前成熟青少年足球运动员在身高和体重上更占优势,而成熟度对身体成分和体型特征的影响也存在明显的性别差异。在青春期,女生体脂率的上升对其形态、重心以及力量产生影响,可能会进一步影响其运动表现(Emmonds et al., 2020)。尽管许多既有研究讨论了身高和体重对青少年足球运动员变向速度等运动能力的预测作用,但实际研究结果表明其预测效应有限(Negra et al., 2023)。

2.2 成熟度对身体素质的影响

成熟度涉及第二性征的发育,影响身体围度和激素特征,与力量、速度和爆发力密切相关(Toum et al., 2021)。此外,成熟度能够显著影响神经肌肉表现(Salter et al., 2022)。有研究发现,当控制成熟度因素后,运动员在身体素质方面的优势不再显著(Peña-González et al., 2022)。因此,了解成熟度与身体素质之间的关系尤为重要。

2.2.1 力量素质

相较于延迟成熟运动员,提前成熟运动员在PHV附近表现出更强的下肢最大力量和爆发力。这可能与睾酮激素水平的上升及肌肉质量的增加有关,进而对下肢最大力量和爆发力产生有利影响(Baldari et al., 2009; Peña-González et al., 2022)。一项研究发现,在13~15岁优秀

青少年男子足球运动员中,延迟成熟运动员的立定跳远表现显著低于准时和提前成熟运动员(Yang et al., 2022),另外两项针对U13和U13~U16男子足球运动员下肢爆发力的研究也得出了一致结论(Itoh et al., 2020; Salter et al., 2022)。此外,有研究发现在U13~U15男子足球运动员中,提前和准时成熟运动员的1RM测试成绩显著优于延迟成熟运动员(Peña-González et al., 2022)。

从长期来看,准时和延迟成熟运动员下肢最大力量与爆发力的增长量均显著高于提前成熟运动员(Yang et al., 2022),这与之前的研究结果一致。随着CA的增长,准时和延迟成熟运动员会逐渐赶上甚至超过提前成熟运动员(Randell et al., 2021; Toum et al., 2021)。有研究根据PAH%进行成熟度分组发现,PAH%每增加5%,反向跳跃(counter movement jump, CMJ)测试成绩提高约4.3 cm(Salter et al., 2022)。此外,研究表明,青少年足球运动员的身高、体重、大腿围与最大力量以及爆发力之间存在显著正相关关系(Itoh et al., 2020; Yang et al., 2022)。这样的联系也存在于其他运动项目中,如顶级曲棍球运动员和自行车运动员的身高与CMJ测试成绩之间存在显著正相关,并且由肌肉横截面积差异所致的大、小腿围度差异可能会对爆发力产生影响(Albaladejo-Saura et al., 2022)。

成熟度较高的女子运动员通常绝对峰值力量也更大(Emmonds et al., 2020)。这一结论与针对青少年男子足球运动员的研究结果一致(Yang et al., 2022)。需要注意的是,最大力量和爆发力在女子运动员中并非呈线性发展。有研究针对157名U10~U16女子运动员进行CMJ测试并根据MO进行连续分组发现,在-0.5YPHV(即距离个体到达APHV还有0.5年)与0.5YPHV(即个体到达APHV 0.5年后)之间,提前成熟运动员在最大力量和爆发力上与准时和延迟成熟运动员相比差异较小;而从1.5YPHV到2.5YPHV,提前成熟运动员在这些指标上表现出显著的优势(Emmonds et al., 2020)。

根据MO值对女性运动员进行连续分组发现,随着成熟度的增加,其相对峰值力量的发展状态呈非线性趋势(Emmonds et al., 2020; Randell et al., 2021)。在-0.5YPHV时观察到相对峰值力量最大,这与PHV附近的相关激素和形态学变化,即肌肉质量的增加有关(Baldari et al., 2009)。值得强调的是,在0.5YPHV时,女性会经历短暂的相对峰值力量降低,同时下肢力量也可能减弱(Emmonds et al., 2020)。这可能是受到了PHV后3.5~10.5个月内女性体重增长速度出现峰值的影响,且其体重的增加主要源于体脂的增加,而体脂的增加已被证实会对力量素质产生负面影响(Ben Mansour et al., 2021; Čaušević et al., 2023)。

有关成熟度对青少年足球运动员上肢肌肉耐力的影响尚未形成共识。一些研究认为,上肢肌肉耐力与成熟

度无显著关联。有研究对 127 名澳大利亚高水平青少年足球运动员进行膝俯卧撑测试发现,不同成熟度阶段青少年的测试成绩无显著差异(Toum et al., 2021)。而另一项针对澳大利亚 277 名 U12~U15 高水平运动员的研究表明,提前成熟运动员在上肢肌肉耐力方面更具优势(Tribolet et al., 2018)。鉴于现有研究在样本数量和实验设计方面存在差异,有必要进一步验证成熟度对上肢耐力的影响。

综上所述,提前成熟运动员相比于延迟成熟运动员表现出更大的下肢最大力量与爆发力,准时和延迟成熟运动员在下肢力量与爆发力的增长量上均显著高于提前成熟运动员。女性运动员的最大力量、相对最大力量以及爆发力受青春期后体脂增加的影响,并非呈线性发展,而成熟度对上肢耐力的影响有待进一步深入探究。

2.2.2 速度素质

下肢爆发力与速度素质之间存在显著关联,短距离冲刺和跳跃测试是足球领域人才识别的常用方法(Itoh et al., 2020; Toum et al., 2021)。短距离冲刺的测试结果与跳跃测试较为一致,即提前和准时成熟运动员相较于延迟成熟运动员冲刺能力更强,但这种优势会随着 CA 的增长而减弱(Itoh et al., 2020; Peña-González et al., 2022; Toum et al., 2021; Vandendriessche et al., 2012)。不同的速度测试受成熟度影响的趋势并不一致,其影响因素也存在差异。针对 13~15 岁青少年足球运动员的研究显示,13 岁时,提前成熟运动员 30 m 冲刺跑成绩显著优于准时和延迟成熟运动员,准时成熟运动员显著优于延迟成熟运动员;而到 15 岁时,运动员 30 m 冲刺跑成绩不再表现出显著的成熟度组别差异。这与以往结论一致(Emmonds et al., 2020; Yang et al., 2022; Vandendriessche et al., 2012)。此外,身高与 30 m 冲刺跑成绩之间也存在显著负相关,在 PHV 发生及以后,随着肌肉力量、爆发力和肢体长度的成熟,冲刺速度的提高更多地依赖于步长的增长而非步频的提高(Selmi et al., 2020b; Yang et al., 2022)。尽管 13 岁年龄组中提前和准时成熟运动员 10 m 冲刺跑成绩显著优于延迟成熟运动员,但在 13~15 岁运动员中成熟度对 10 m 冲刺跑无显著影响(Yang et al., 2022)。此时,身高、体重和腿围等身体特征可能解释了提前成熟运动员在 10 m 冲刺跑成绩上的优势。而 10 m 冲刺跑成绩还受相对力量、神经肌肉控制和动力学特征影响(Meyers et al., 2016),这些因素可能在更大程度上影响冲刺表现,而不仅是成熟度。

在女子足球运动员中,虽然成熟度较高的运动员在 10 m 和 30 m 冲刺跑测试中表现更好,但根据 MO 值划分的连续分组下二者的发展速度不一致(Emmonds et al., 2020; Randell et al., 2021)。特别是在-2.5YPHV 与 0.5YPHV 之间,30 m 冲刺跑成绩存在显著差异,提前成熟运动员的

表现优于准时和延迟成熟运动员,这可能是腿长差异所致的,即提前成熟运动员在腿长上更具优势(Emmonds et al., 2020; Selmi et al., 2020b)。相较之下,10 m 冲刺跑成绩则主要受其相对力量的影响,而女子足球运动员相对力量的发展趋势呈非线性,这可能是导致-0.5YPHV 至 0.5YPHV 中更成熟的运动员 10 m 冲刺跑成绩相对较差的原因(Emmonds et al., 2020; Salter et al., 2022)。

综上所述,提前成熟运动员在速度表现上更占优势。但从长期来看,准时和延迟成熟运动员的速度提升水平优于提前成熟运动员。另外,青少年女子足球运动员的速度素质可能会因体脂的增加而暂时下降,呈现非线性趋势。

2.2.3 灵敏素质

灵敏素质在足球比赛中发挥着至关重要的作用,尤其体现在运动员需要迅速改变方向或运动轨迹以更好地执行战术的场景中。灵敏素质主要通过变向能力反映。既有研究认为,变向能力是影响足球运动员比赛水平的重要因素和运动员选材的重要参考指标(Negra et al., 2023)。通常采用 T 测试、505 变向测试等评估运动员变向能力。针对中国 U13~U15 青少年男子足球运动员进行的研究发现,随着 CA 增长,运动员 T 测试成绩总体呈显著提高趋势,不同成熟度阶段运动员的增长量无显著差异;在 U13 阶段,提前成熟运动员的 T 测试表现显著优于延迟成熟运动员,而在 U14 和 U15 中这种优势减弱。这表明变向能力在青春期呈非线性增长,峰值发展速度可能出现在 PHV 附近(Yang et al., 2022),这一结论在使用 505 变向测试的研究中也得到了验证(Emmonds et al., 2020)。而另一项针对澳大利亚 U13~U15 青少年足球运动员的研究却得出了相反的结论,即不同成熟度阶段运动员在 T 测试成绩上无显著差异,研究认为青少年成长期间存在“青春期尴尬”效应,生长突增个体的动作协调性可能会遭到破坏(Toum et al., 2021)。两项研究得出了相反的结果,究其原因:一方面可能是二者评估成熟度的方法不同,分别采用了 SA 与非侵入性方法;另一方面,研究对象的竞技水平也可能是造成矛盾结果的主要原因, Yang 等(2022)的研究未报告受试者的运动水平,而 Toum 等(2021)以高水平足球运动员为研究对象。

除 T 测试外,也有研究探讨其他灵敏素质测试表现与成熟度之间的关系。MO 值被认为是青少年男子足球运动员 505 变向测试表现的预测指标。研究表明,成熟度偏高的运动员在该测试上成绩更好(Negra et al., 2023),针对青少年女子足球运动员进行的研究也得出了一致的结论(Emmonds et al., 2020)。除成熟度外,有研究指出,体脂率和坐高也是影响 505 变向测试的重要因素,重心低是青少年男子足球运动员在执行变向任务时的优势,较低的体脂率通常与更好的变向表现有关(Negra et al., 2023)。一项

针对12~14岁运动员为期2年的纵向研究发现,5×10 m折返跑测试成绩在运动员成长期间的变化较大,初始值与1年后的测试值无显著相关性,提示该测试不适合作为人才识别的有效指标(Hirose et al., 2016)。

已有研究表明,动作技术的改善对变向能力有显著影响,变向能力在青春期阶段具有较高的可训练性(Hirose et al., 2016)。同时,一项针对青少年女子足球运动员的研究发现,在-2.5YPHV至-1.0YPHV的MO分组中,成熟度越高的运动员变向能力越好。但这一结果可能受到样本训练经历的影响,该研究中成熟度偏高的运动员每周额外参加一次结构化的神经肌肉训练,这在一定程度上影响了其变向能力的改善(Emmonds et al., 2020)。

综上所述,目前针对不同成熟度阶段青少年足球运动员变向能力的研究结果存在一定分歧。部分研究表明,随着年龄的增长,提前成熟运动员在变向能力测试中的表现优于延迟成熟运动员,但这种优势在青春期后期逐渐减弱。然而,也有研究指出,不同成熟度阶段运动员的变向能力测试表现无显著差异,这可能与青春期生长突增对运动协调性的影响有关。未来研究可进一步探讨不同运动水平和测试方法与变向能力表现之间的联系,并深入分析成熟度与灵敏素质之间的关系。

2.2.4 耐力素质

在足球比赛中运动员需要跟随比赛的节奏和战术安排在场上不断进行加速、减速和重复冲刺等高强度动作,这对运动员的有氧及无氧耐力提出了较高的生理要求(王凡等, 2021)。

2.2.4.1 无氧耐力

无氧耐力是指在短时间内进行高强度运动时肌肉能够快速产生能量并持续输出的能力(Selmi et al., 2020a)。研究表明,无氧能力在生长突增期出现了激增,但在青春期后期增长速度减缓(Borges et al., 2023; Selmi et al., 2020a)。重复冲刺测试(repeated-sprint test, RST)被认为是符合足球比赛模式以及比赛过程中能量代谢特点的测试方法(Selmi et al., 2020a)。研究发现,青少年足球运动员的RST表现随着成熟度增长而逐渐提高,而长期来看,准时和延迟成熟运动员相比于提前成熟运动员表现出更大的增长程度,延迟成熟运动员在无氧耐力上增长最为显著,这一现象与其身高、最大力量、爆发力以及速度受成熟度影响的变化趋势相符(Falgairrette et al., 1991; Yang et al., 2022)。U13足球运动员的5×25 m测试成绩受到成熟度的显著影响,提前成熟运动员的表现优于准时和延迟成熟运动员,但在U15运动员中并未发现不同成熟度分组之间的差异(Yang et al., 2022)。也有研究表明,在6×30 m测试中,随着CA的增长U11~U15青少年足球运动员的测试成绩显著提高,但在U15~U18中不同CA分组间的表现无显著性差异(Selmi et al., 2020a)。

无氧速度储备(anaerobic speed reserve, ASR)可用于预测运动员的RST表现。研究表明,ASR随着个体向APHV阶段的转变而显著提高(Selmi et al., 2020a)。此外,成熟度对无氧耐力的影响可能涉及生理发展中的一系列关键因素,如体内细胞数量增加和能量代谢效率逐渐改善等,这些生理变化进一步提高了酶效率水平,有助于满足与足球比赛相关的高强度运动需求(Falgairrette et al., 1991; Selmi et al., 2020b)。这与之前的研究结论一致,即无氧表现与唾液中的睾酮水平之间存在显著相关性(Baldari et al., 2009)。

2.2.4.2 有氧耐力

当前关于成熟度与有氧耐力之间的关系尚未形成统一结论。一项针对69名13~15岁葡萄牙青少年足球运动员的研究发现,成熟度较低的运动员在Yo-Yo间歇恢复测试(Yo-Yo intermittent recovery test level 1, YYIR1)中表现较差(Malina et al., 2004)。研究认为,成熟度是造成运动员有氧能力变化的主要因素,这与其他研究结论一致,即较高的成熟度与较高的峰值摄氧量有关(Sweeney et al., 2023)。多级穿梭跑测试(multistage fitness test, MSFT)也是评价足球运动员有氧耐力的方法之一。研究发现,除成熟度外,CA的增加与青少年峰值摄氧量的提升存在显著相关,原因在于每搏输出量和最大动静脉氧差的增加(Gastin et al., 2017)。此外,一项为期5年的纵向研究对33名处于不同竞技水平的U10~U13男子运动员进行数据分析发现,峰值摄氧量的最大增益值与PHV出现的时间一致,并在青春期持续提高(Philippaerts et al., 2006)。然而,也有研究对西班牙10~12岁男生进行了为期2年的纵向研究,发现其有氧能力发展的最大速度发生在达到PHV后8个月(Yagüe et al., 1998),研究结论的差异可能是样本特征和PHV评定方法不同所致的,该研究样本是在校学生而非足球运动员。因此,有必要进一步探究运动员与非运动员之间的有氧耐力速度曲线的差异及其原因。

部分研究认为,成熟度与有氧耐力之间无显著相关。一项研究对13~15岁中国足球运动员YYIR1成绩进行分析发现,有氧耐力的成熟度组间差异不显著,YYIR1成绩与身高、体重及大腿围无显著相关性(Yang et al., 2022),这与一项Meta分析研究的结果一致,即有氧运动表现主要受训练变量的影响(Albaladejo-Saura et al., 2021)。但有研究针对U10~U15青少年进行MSFT测试发现,成熟度与MSFT成绩有关,身体围度及身体素质与MSFT成绩之间呈强相关关系(Hirose et al., 2016)。造成两项研究结果不同的原因可能是研究对象的年龄跨度存在差异,为深入研究有氧能力的发展趋势,需要在特定年龄段区间进行更详细的研究。卡明纳蒂间歇性恢复测试(Carminnatti's intermittent recovery test, T-CAR)被认为是评估青少

年足球运动员有氧能力的有效方法,基于 T-CAR 测试的研究发现有氧能力独立于生物成熟状态,即不受成熟度的影响,而体脂率和 CA 是 T-CAR 测试中峰值速度的显著预测因子(Teixeira et al., 2015),这与一项对 52 名青少年赛艇运动员进行的 3 年纵向研究结论一致,即成熟度会影响无氧运动能力,但对有氧运动能力无显著影响(de Almeida-Neto et al., 2022)。

男生的最大摄氧量随 CA 的增长呈近线性增长,16~18 岁时减弱并趋于平稳,而女生则在 13~14 岁时便趋于平稳(Armstrong et al., 2019)。在由 MO 所划分的连续成熟组(-0.5YPHV 至 0.5YPHV)中,提前成熟的足球女子运动员的 YYIR1 表现相比于准时和延迟成熟运动员更为出色(Emmonds et al., 2020)。先前的研究指出,在达到 PHV 前后,中枢和外周心血管系统发生了与生长相关的变化,包括每搏输出量和心输出量的增加、肌肉功能和代谢能力的改变等(Armstrong et al., 2019; Emmonds et al., 2020),这些变化可能解释了在 -0.5YPHV 至 0.5YPHV 观察到的有氧能力差异。此外,也有研究指出,体脂率是影响青春期女性有氧适能变化的重要因素(Emmonds et al., 2020; Randell et al., 2021)。然而,围绕青少年女子足球运动员进行的研究数量有限,需要进一步增加对该群体的研究。

综上所述,青少年足球运动员的无氧耐力受成熟度影响,特别是在 APHV 阶段表现出显著增长,随后增长速度减缓。因此,可根据不同成熟度阶段制定个性化的训练计划,以优化运动员无氧耐力的发展。目前,对于青少年足球运动员有氧耐力与成熟度之间的关系尚未达成一致结论,这可能与样本特性、年龄跨度以及测试方法有关。未来研究可重点关注青少年女子足球运动员的有氧耐力,进一步探讨训练变量对有氧耐力的影响,以更全面、准确地评估青少年足球运动员的运动潜力和发展水平。

2.2.5 协调素质

协调素质可分为一般协调素质与专项协调素质。一般协调素质可反映出个体在不同体育项目和体育活动中的技能水平和能力(Toum et al., 2021; Tribolet et al., 2018)。运动员的一般协调素质较优意味着其更容易适应不同的体育项目和运动要求,具有良好的动作适应能力和运动潜质。儿童身体协调性测试(Körperkoordinationstest für Kinder, KTK)是用于测量 4~15 岁普通人群大肌肉协调或运动能力的有效方法,有研究发现,U13~U15(Toum et al., 2021)、U10~U15(Rommers et al., 2019)、U16~U17(Vandendriessche et al., 2012)青少年足球运动员由 KTK 测试所反映的一般协调素质不受成熟度的影响。提示,可以在人才识别过程中设置一般协调素质的相关测试以区分不同表现水平的运动员。此外,有研究采用足球特异性协调测试评价青少年足球运动员的运动能力,一项研究

对 78 名 15~16 岁的比利时青少年足球运动员进行根特运球测试(Ghent University dribbling test)发现,不同成熟度阶段运动员在无球测试和有球测试中的表现无显著性差异(Vandendriessche et al., 2012),后续研究也得出了一致结论,即成熟度对足球特异性协调没有显著影响(Rommers et al., 2019)。因此,建议在青少年足球运动员人才识别过程中纳入一般协调和符合足球专项特点的协调测试,与其他身体素质测试相比,协调素质测试可能受成熟度的干扰更小,能够更好地反映青少年足球运动员的竞技潜力。

2.3 成熟度对技术能力的影响

技术是人才识别的关键因素,有研究表明,当教练员对技术进行主观评估时,评价结果可能会受到成熟度的影响(Malina et al., 2015)。例如,一项研究发现,在评估澳大利亚足球运动员的技术能力时,教练员倾向于给予提前成熟运动员更高的测评分数(Tribolet et al., 2018)。因此,为了更全面地评估青少年足球运动员的运动潜质,需要采用客观的技能测试。足球运动员的技术熟练度以及在比赛中的参与程度是技术评判的关键指标。一项研究对 512 名 10~17 岁的苏格兰足球运动员进行跟踪调查发现,成功的精英运动员往往在 13 岁时表现出更好的控球能力和较高的传球测试分数,尽管其 SA 在同龄人中并没有明显优势(Figueiredo et al., 2020)。小场地比赛已被证明是评价青少年足球技术的有效手段,教练员通过 SportsCode 视频分析软件对比赛情况进行编码,将比赛中进球、盯人以及抢断等技术作为分析的具体变量(Toum et al., 2021),基于小场地比赛的测试结果显示青少年足球运动员的技术水平并不受成熟度影响(Borges et al., 2023; da Costa et al., 2023; Sweeney et al., 2023)。

综上所述,相较于身体形态和身体素质,运动员的技术水平受成熟度影响较小。因此,建议加大技术测试在人才识别体系中的权重,以避免造成对运动员潜力的错误推断。

2.4 成熟度对战术及心智能力的影响

在青少年足球运动员的人才识别中,有研究发现,提前成熟运动员在心理意象和灵敏素质测试上的表现优于延迟成熟运动员,且心理意象的改善有助于整体灵敏表现的提升(Sariati et al., 2021)。生物带(bio-banding)策略是根据成熟度而非 CA 对运动员进行分组,使其面对与自己生理发育水平相匹配的对手。有研究基于生物带策略发现,延迟成熟运动员在积极态度、竞争动机、自信等心理变量及总体心理得分上显著优于提前成熟运动员(Towlson et al., 2021)。此外,认知测试分数与运动技能测试分数呈正相关,但成熟度对运动员认知功能的影响尚未得到深入探究(Scharfen et al., 2019)。在战术能力方面,有研究通过生物带策略依据成熟度对运动员进行分组以探究

成熟度对其战术能力的影响,但结果表明,运动员在实施该策略前、后的战术能力之间并无显著差异,即成熟度可能并不影响其战术表现(Towson et al., 2021),但这一结论仍需进一步证实。

3 总结与展望

成熟度的评估涵盖成熟状态和成熟时机两方面,具体的评估方式包括SA评估、第二性征和初潮年龄评估等,但上述方法具有侵入性(如辐射暴露或隐私泄露)且成本耗费相对较高,因此使用人体测量学指标分析成熟状态和成熟时机以评估青少年足球运动员的成熟度是目前研究中最为常用的方法,但此类方法的适用性可能会受其参考样本特征的限制,需要在不同项目、国家(地区)的运动员中进一步加以验证。

相比于准时和延迟成熟运动员,提前成熟运动员在人体测量及身体组成参数(如身高、体重与肌肉质量)和身体素质(如力量、爆发力、速度与无氧耐力)等方面更具优势,但这种优势会随着CA的增长逐渐缩小直至消失。青少年足球运动员协调素质、技术和战术的测试结果受成熟度的影响较小。成熟度与灵敏素质、有氧耐力及心智能力的关系尚存争议,建议后续研究严格控制相关变量,弥补现有研究的不足。此外,现有研究大多采用横断面设计,未来可优先考虑采用纵向设计,追踪运动员的成熟度及其运动表现的变化趋势,并综合考虑营养状况、训练及伤病史和激素分泌等变量,以全面理解成熟度的影响和作用。

建议教练员及相关人才识别人员在监测青少年足球运动员培养的过程中,每3个月定期评估成熟度,从而更好地了解运动员的生长和发育情况。在进行成熟度评估时应保持方法的一致性,以确保结果的可比较性和准确性。另外,建议在人才识别过程中提高协调素质、技术以及战术指标的权重。还可采用成熟度评估对运动员进行分组测试(如生物带策略)以减少成熟度对选拔的影响,从而减少识别过程中对运动员能力和潜力的误判,提高选拔过程的准确性。

参考文献:

卞超,易清,黎涌明,2023. 拉夫堡足球传球测试:方法、解读和展望[J]. 体育科研,44(1):77-84.

龚炳南,李春满,周长敬,等,2021. 不同比赛结果下足球运动表现特征研究:基于中超联赛7个赛季的实证分析[J]. 中国体育科技,57(9):37-45.

黄永正,凌国强,刘婷,等,2023. 中日韩青少年足球运动员身体形态和比赛经验的比较研究[J]. 体育科技,44(3):1-3.

姜哲,黄竹杭,吴放,等,2021. 我国16岁男子高水平足球运动员高强度有氧耐力训练特征研究[J]. 中国体育科技,57(5):71-77.

李阳,朱贺,侯志涛,等,2022. 中国青少年足球联赛开启的新价值、新思考、新路径[J]. 体育科学,42(12):77-85.

梁斌,赵刚,2018. 足球天才识别与发展理论模型与应用体系研究[J]. 体育科学,38(12):81-90.

刘卫民,刘艳明,覃凤珍,2011. 国外青少年儿童足球运动员选材过程研究综述[J]. 体育学刊,18(1):109-115.

王凡,章咏,谭雄刚,等,2021. 不同位置足球运动员体能特征研究[J]. 青少年体育(3):56-58.

吴放,张延安,姜哲,等,2021. 中国青少年男子足球运动员比赛跑动表现特征研究[J]. 成都体育学院学报,47(6):108-115.

杨沛然,孙晋海,罗亮,2023. 基于多元协同的我国男子足球竞技水平提升策略研究[J]. 中国体育科技,59(6):72-78.

张绍岩,2015. 中国人手腕部骨龄标准:中华05及其应用[J]. 北京:科学出版社:25-75.

张绍岩,邵伟东,杨世增,等,1995. 中国人骨成熟度评价标准及应用:CHN计分法和骨龄标准图谱[M]. 北京:人民体育出版社:24-40.

赵刚,刘丹,陈超,2023. 足球青训的国外经验、我国困境与重构路径:基于全面质量管理分析框架[J]. 中国体育科技,59(2):70-78.

朱镛鑫,许汪宇,周慧康,等,2023. 青春期不同发育时相体适能发展特征及运动健康促进[J]. 天津体育学院学报,38(2):178-184.

ALBALADEJO-SAURA M, VAQUERO-CRISTÓBAL R, GARCÍA-ROCA J A, et al., 2022. Influence of biological maturation status on selected anthropometric and physical fitness variables in adolescent male volleyball players [J/OL]. PeerJ, 10: e13216 [2024-01-16]. <https://doi.org/10.7717/peerj.13216>.

ALBALADEJO-SAURA M, VAQUERO-CRISTÓBAL R, GONZÁLEZ-GÁLVEZ N, et al., 2021. Relationship between biological maturation, physical fitness, and kinanthropometric variables of young athletes: A systematic review and Meta-analysis [J/OL]. Int J Environ Res Public Health, 18(1):328 [2024-01-16]. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010328>.

ARMSTRONG N, WELSMAN J, 2019. Sex-specific longitudinal modeling of youth peak oxygen uptake [J]. Pediatr Exerc Sci, 31(2): 204-212.

BAKER J, COBLEY S, SCHORER J, 2021. Talent Identification and Development in Sport [M]. New York: Routledge: 81-99.

BALDARI C, DI LUIGI L, EMERENZIANI G P, et al., 2009. Is explosive performance influenced by androgen concentrations in young male soccer players? [J]. Br J Sports Med, 43(3): 191-194.

BAXTER-JONES A D G, 2017. Growth and maturation [M]//ARMSTRONG N, VAN MECHELEN W. Oxford Textbook of Children's Sport and Exercise Medicine. 3rd ed. Oxford, UK: Oxford University Press: 13-24.

BEN MANSOUR G, KACEM A, ISHAK M, et al., 2021. The effect of body composition on strength and power in male and female students [J/OL]. BMC Sports Sci Med Rehabil, 13(1): 150 [2024-01-15]. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00376-z>.

BORGES P H, DA COSTA J C, RAMOS-SILVA L F, et al., 2023. Maturity-associated variation in the body size, physical fitness, technical efficiency, and network-based centrality measures in young soccer players [J/OL]. Sci Rep, 13(1): 7693 [2024-01-10]. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34833-1>.

BRADLEY B, JOHNSON D, HILL M, et al., 2019. Bio-banding in academy football: Player's perceptions of a maturity matched tournament [J]. Ann Hum Biol, 46(5): 400-408.

- CAMERON N, 2015. Can maturity indicators be used to estimate chronological age in children?[J]. *Ann Hum Biol*, 42(4):302-307.
- CARUSO J F, DAILY J S, MASON M L, et al., 2012. Anthropometry as a predictor of vertical jump heights derived from an instrumented platform[J]. *J Strength Cond Res*, 26(1):284-292.
- ČAUŠEVIĆ D, RANI B, GASIBAT Q, et al., 2023. Maturity-related variations in morphology, body composition, and somatotype features among young male football players[J]. *Children (Basel)*, 10(4):721[2024-01-10]. <https://doi.org/10.3390/children10040721>.
- CHRISTENSEN M K, 2009. "An eye for talent": Talent identification and the "practical sense" of top-level soccer coaches[J]. *Soc Sport J*, 26(3):365-382.
- CUMMING S P, BATTISTA R A, MARTYN S, et al., 2006. Estimated maturity status and perceptions of adult autonomy support in youth soccer players[J]. *J Sports Sci*, 24(10):1039-1046.
- CUMMING S P, LLOYD R S, OLIVER J L, et al., 2017. Bio-banding in sport: Applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes[J]. *Strength Cond J*, 39(2):34-47.
- CUMMING S P, SHERAR L B, ESLIGER D W, et al., 2014. Concurrent and prospective associations among biological maturation, and physical activity at 11 and 13 years of age[J/OL]. *Scand J Med Sci Sports*, 24(1):e20-e28[2024-01-16]. <https://doi.org/10.1111/sms.12103>.
- DA COSTA J C, BORGES P H, RAMOS-SILVA L F, et al., 2023. Body size, maturation and motor performance in young soccer players: Relationship of technical actions in small-sided games[J]. *Biol Sport*, 40(1):51-61.
- DE ALMEIDA-NETO P F, SILVA L F D, MIARKA B, et al., 2022. Influence of advancing biological maturation on aerobic and anaerobic power and on sport performance of junior rowers: A longitudinal study[J/OL]. *Front Physiol*, 13:892966[2024-01-10]. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.892966>.
- EMMONDS S, SCANTLEBURY S, MURRAY E, et al., 2020. Physical characteristics of elite youth female soccer players characterized by maturity status[J]. *J Strength Cond Res*, 34(8):2321-2328.
- FALGAIRETTE G, BEDU M, FELLMANN N, et al., 1991. Bio-energetic profile in 144 boys aged from 6 to 15 years with special reference to sexual maturation[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 62(3):151-156.
- FIGUEIREDO A J, COELHO-E-SILVA M J, SARMENTO H, et al., 2020. Adolescent characteristics of youth soccer players: Do they vary with playing status in young adulthood?[J]. *Res Sports Med*, 28(1):72-83.
- FRANSEN J, BUSH S, WOODCOCK S, et al., 2018. Improving the prediction of maturity from anthropometric variables using a maturity ratio[J]. *Pediatr Exerc Sci*, 30(2):296-307.
- GASTIN P B, TANGALOS C, TORRES L, et al., 2017. Match running performance and skill execution improves with age but not the number of disposals in young Australian footballers[J]. *J Sports Sci*, 35(24):2397-2404.
- GREULICH W W, PYLE S I, 1959. *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*[M]. 2nd ed. Stanford, CA: Stanford University Press:25-60.
- HIROSE N, SEKI T, 2016. Two-year changes in anthropometric and motor ability values as talent identification indexes in youth soccer players[J]. *J Sci Med Sport*, 19(2):158-162.
- ITOH R, HIROSE N, 2020. Relationship among biological maturation, physical characteristics, and motor abilities in youth elite soccer players[J]. *J Strength Cond Res*, 34(2):382-388.
- JOHNSON A, FAROOQ A, WHITELEY R, 2017. Skeletal maturation status is more strongly associated with academy selection than birth quarter[J]. *Sci Med Footb*, 1(2):157-163.
- KHAMIS H J, ROCHE A F, 1994. Predicting adult stature without using skeletal age: The Khamis-Roche method[J]. *Pediatrics*, 94(4 Pt 1):504-507.
- MALINA R M, COELHO E SILVA M J, FIGUEIREDO A J, et al., 2012. Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players[J]. *J Sports Sci*, 30(15):1705-1717.
- MALINA R M, COELHO-E-SILVA M J, FIGUEIREDO A J, et al., 2018. Tanner-whitehouse skeletal ages in male youth soccer players: TW2 or TW3[J]. *Sports Med*, 48(4):991-1008.
- MALINA R M, CUMMING S P, ROGOL A D, et al., 2019. Bio-banding in youth sports: Background, concept, and application[J]. *Sports Med*, 49(11):1671-1685.
- MALINA R M, DOMPIER T P, POWELL J W, et al., 2007. Validation of a noninvasive maturity estimate relative to skeletal age in youth football players[J]. *Clin J Sport Med*, 17(5):362-368.
- MALINA R M, EISENMANN J C, CUMMING S P, et al., 2004. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years[J]. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6):555-562.
- MALINA R M, KATZMARZYK P T, BONCI C M, et al., 1997. Family size and age at menarche in athletes[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 29(1):99-106.
- MALINA R M, MORANO P J, BARRON M, et al., 2005. Growth status and estimated growth rate of youth football players: A community-based study[J]. *Clin J Sport Med*, 15(3):125-132.
- MALINA R M, MORANO P J, BARRON M, et al., 2006. Incidence and player risk factors for injury in youth football[J]. *Clin J Sport Med*, 16(3):214-222.
- MALINA R M, PEÑA REYES M E, EISENMANN J C, et al., 2000. Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years[J]. *J Sports Sci*, 18(9):685-693.
- MALINA R M, ROGOL A D, CUMMING S P, et al., 2015. Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications[J]. *Br J Sports Med*, 49(13):852-859.
- MALINA R M, 2011. Skeletal age and age verification in youth sport[J]. *Sports Med*, 41(11):925-947.
- MARSHALL W A, TANNER J M, 1970. Variations in the pattern of pubertal changes in boys[J]. *Arch Dis Child*, 45(239):13-23.
- MEYERS R W, OLIVER J L, HUGHES M G, et al., 2016. The influence of maturation on sprint performance in boys over a 21-month period[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 48(12):2555-2562.
- MIRWALD R L, BAXTER-JONES A D, BAILEY D A, et al., 2002. An assessment of maturity from anthropometric measurements[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4):689-694.

- MOORE S A, MCKAY H A, MACDONALD H, et al., 2015. Enhancing a somatic maturity prediction model [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 47(8):1755-1764.
- NEGRA Y, SAMMOUD S, NEVILL A M, et al., 2023. Change of direction speed in youth male soccer players: The predictive value of anthropometrics and biological maturity [J]. *Pediatr Exerc Sci*, 35(1):1-7.
- PARR J, WINWOOD K, HODSON-TOLE E, et al., 2020. Predicting the timing of the peak of the pubertal growth spurt in elite male youth soccer players: Evaluation of methods [J]. *Ann Hum Biol*, 47(4):400-408.
- PEARSON D T, NAUGHTON G A, TORODE M, 2006. Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports [J]. *J Sci Med Sport*, 9(4):277-287.
- PEÑA-GONZÁLEZ I, JAVALOYES A, CERVELLO E, et al., 2022. The maturity status but not the relative age influences elite young football players' physical performance [J]. *Sci Med Footb*, 6(3):309-316.
- PHILIPPAERTS R M, VAEYENS R, JANSSENS M, et al., 2006. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players [J]. *J Sports Sci*, 24(3):221-230.
- RANDELL R K, CLIFFORD T, DRUST B, et al., 2021. Physiological characteristics of female soccer players and health and performance considerations: A narrative review [J]. *Sports Med*, 51(7):1377-1399.
- ROCHE A F, CHUMLEA W C, THISSEN D, 1988. Assessing the Skeletal Maturity of the Hand-Wrist: Fels Method [M]. Springfield, IL: Charles C Thomas: 15-40.
- ROMMERS N, MOSTAERT M, GOOSSENS L, et al., 2019. Age and maturity related differences in motor coordination among male elite youth soccer players [J]. *J Sports Sci*, 37(2):196-203.
- SALTER J, JULIAN R, MENTZEL S V, et al., 2022. Maturity status influences perceived training load and neuromuscular performance during an academy soccer season [J]. *Res Sports Med*, 32(2):235-247.
- SARIATI D, ZOUHAL H, HAMMAMI R, et al., 2021. Association between mental imagery and change of direction performance in young elite soccer players of different maturity status [J/OL]. *Front Psychol*, 12:665508 [2024-01-16]. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.665508>.
- SCHARFEN H E, MEMMERT D, 2019. The relationship between cognitive functions and sport-specific motor skills in elite youth soccer players [J/OL]. *Front Psychol*, 10: 817 [2024-01-10]. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00817>.
- SELMI M A, AL-HADDABI B, YAHMED M H, et al., 2020a. Does maturity status affect the relationship between anaerobic speed reserve and multiple sprint sets performance in young soccer players? [J]. *J Strength Cond Res*, 34(12):3600-3606.
- SELMI M A, SASSI R H, YAHMED M H, et al., 2020b. Normative data and physical determinants of multiple sprint sets in young soccer players aged 11-18 years: Effect of maturity status [J]. *J Strength Cond Res*, 34(2):506-515.
- SULLIVAN J, ROBERTS S J, MCKEOWN J, et al., 2023. Methods to predict the timing and status of biological maturation in male adolescent soccer players: A narrative systematic review [J/OL]. *PLoS One*, 18(9): e0286768 [2024-01-10]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286768>.
- SWEENEY L, CUMMING S P, MACNAMARA Á, et al., 2023. The selection advantages associated with advanced biological maturation vary according to playing position in national-level youth soccer [J]. *Biol Sport*, 40(3):715-722.
- TANNER J M, HEALY M J R, GOLDSTEIN H, et al., 2001. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method) [M]. 3rd ed. London: Saunders: 41-74.
- TANNER J M, WHITEHOUSE R H, CAMERON N, et al., 1983. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 method) [M]. 2nd ed. New York: Academic Press: 20-60.
- TANNER J M, WHITEHOUSE R H, MARSHALL W A, et al., 1975. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 Method) [M]. New York: Academic Press: 17-56.
- TEIXEIRA A S, VALENTE-DOS-SANTOS J, COELHO-E-SILVA M J, et al., 2015. Skeletal maturation and aerobic performance in young soccer players from professional academies [J]. *Int J Sports Med*, 36(13):1069-1075.
- TOUM M, TRIBOLET R, WATSFORD M L, et al., 2021. The confounding effect of biological maturity on talent identification and selection within youth Australian football [J]. *Sci Med Football*, 5(4):263-271.
- TOWLSON C, SALTER J, ADE J D, et al., 2021. Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: One size does not fit all [J]. *J Sport Health Sci*, 10(4):403-412.
- TRIBOLET R, BENNETT K J M, WATSFORD M L, et al., 2018. A multidimensional approach to talent identification and selection in high-level youth Australian football players [J]. *J Sports Sci*, 36(22):2537-2543.
- VANDENDRIESSCHE J B, VAEYENS R, VANDORPE B, et al., 2012. Biological maturation, morphology, fitness, and motor coordination as part of a selection strategy in the search for international youth soccer players (age 15-16 years) [J]. *J Sports Sci*, 30(15):1695-1703.
- WILLIAMS A M, REILLY T, 2000. Talent identification and development in soccer [J]. *J Sports Sci*, 18(9):657-667.
- YAGÜE P H, DE LA FUENTE J M, 1998. Changes in height and motor performance relative to peak height velocity: A mixed-longitudinal study of Spanish boys and girls [J]. *Am J Hum Biol*, 10(5):647-660.
- YANG S D, CHEN H C, 2022. Physical characteristics of elite youth male football players aged 13-15 are based upon biological maturity [J/OL]. *PeerJ*, 10: e13282 [2024-01-10]. <https://doi.org/10.7717/peerj.13282>.

(收稿日期:2024-01-23; 修订日期:2024-06-03; 编辑:高天艾)