

## 运动灵敏素质影响因素研究进展

赵西堂<sup>1</sup>, 李晓琨<sup>1</sup>, 葛春林<sup>2</sup>

(1.肇庆学院 体育与健康学院, 广东 肇庆 526061; 2.北京体育大学, 北京 100084)

**摘 要:** 从运动灵敏素质包含的预判决策能力、变换动作和快速变向能力 3 个方面入手, 对灵敏素质的构成因素及其结构的研究进行综述。得出如下结论: 视觉搜索策略以及对特定信息加工的时机与效率影响预判决策能力; 短距离冲刺速度、下肢肌肉质量、技能、身体形态、年龄、性别、遗传等因素影响改变方向和变换动作能力; 运动灵敏素质可通过系统运动训练得到提高; 测量变换动作能力的方法以立卧撑和钻跳障碍为主。

**关 键 词:** 竞赛与训练; 灵敏素质; 预判决策能力; 变换动作能力; 快速变向能力; 述评  
**中图分类号:** G808; C912.82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2014)04-0118-07

### Developments in researches on sports agility quality affecting factors

ZHAO Xi-tang<sup>1</sup>, LI Xiao-kun<sup>1</sup>, GE Chun-lin<sup>2</sup>

(1.School of Physical Education and Health, Zhaoqing University, Zhaoqing 526061, China;

2.Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Starting with such 3 aspects contained in sports agility quality as anticipating and decision making ability, move transforming ability and quick direction changing ability, the authors gave an overview of researches on agility quality constituting factors and structure, and drew the following conclusions: visual search strategy as well as specific information processing timing and efficiency affect anticipating and decision making ability; factors such as short distance sprinting speed, lower limb muscle mass, skill, body figure, age, gender and heredity affect direction changing and move transforming abilities; sports agility quality can be enhanced by systematic sports training; methods for measuring move transforming ability mainly include vertical and horizontal pushup and obstacle bending crossing.

**Key words:** competition and training; agility quality; anticipating and decision making ability; move transforming ability; quick direction changing ability; review

系统科学指出:“一般情况下,结构对功能的作用最为关键。”<sup>[1]</sup>也就是说在特定环境中,同样的组分,结构不同将产生不同的功能。因此,要深入、全面、系统地认识灵敏素质,对灵敏素质的构成因素及其结构的研究显得十分必要。

先前的研究根据逻辑学的分类规则并结合理论与实践的需要,将灵敏素质分为预判决策能力、变换动作和快速变向能力;并指出这一分类方法既有利于人们对灵敏素质各方面属性的认识,又满足了不同项目对灵敏素质的特殊要求,是较为合理的分类方法<sup>[2]</sup>。因此,本文将对这 3 个方面的研究现状进行综述。

### 1 预判决策能力的影响因素研究

Sheppard 等<sup>[3]</sup>用实验证明:优秀足球运动员较一般足球运动员有较好的反应灵敏。大量的研究也表明,在特定的运动项目中优秀运动员较运动新手具有认知优势,这一优势的表现是预判决策速度快和准确性高<sup>[4-14]</sup>。无论是运动实践还是试验研究,这一优势的存在已毋庸置疑。同时,这也引起了国内外许多专家学者的研究兴趣,他们运用时间(视频定格)、空间屏蔽(视频遮挡)或口语报告的方法,采用眼动测试、脑功能成像技术,运用专家—新手研究模式对运动员的认知加工过程进行了深入的探讨,从而揭示预判决策能力的影响

收稿日期: 2013-10-28

基金项目: 2012 年北京体育大学校管课题资助项目。

作者简介: 赵西堂(1980-),男,博士,研究方向: 体能训练理论与方法。E-mail: xitangzhao@163.com

因素。

### 1.1 优秀运动员的视觉搜索策略合理

从眼动测试结果来看,专家组运动员与新手的不同之处在于:专家组注视时间短、频率高、瞳孔直径小、注视点少、注视(轨迹)模式更简单集中、经济有效,注视顺序有一定的规律<sup>[11, 15-16]</sup>;新手的注视次数多,眼跳距离小,每个人的注视轨迹比较复杂分散且各不相同,缺乏规律性<sup>[16-20]</sup>,也有研究指出眼跳的距离大小与注视任务关系密切<sup>[17]</sup>。

高水平运动员搜索信息的方式是从具体信息到整体信息再到具体信息的综合型组织方式,而低水平者则是注意具体的细节属于分析型<sup>[18]</sup>。专业拳手在注视时常常在几个重要部位之间反复注视,形成一个环形的注视模式,而一般组的注视模式则是一种线性模式<sup>[21]</sup>。Huys等<sup>[22]</sup>运用视频遮挡技术研究表明:熟识技术的运动员能够运用整体的策略弥补视频信息的不足,对发球线路的判断较准确。也有研究指出优秀排球运动员在比赛中观察时所注意的范围和策略与一般运动员和非运动员相比存在明显差异,高水平运动员注意的范围最广泛且对排球本身的关注相对较少<sup>[23]</sup>。

### 1.2 优秀运动员对信息加工早

Tenenbaum等<sup>[24]</sup>指出:根据自身经验,优秀运动员可以对信息进行提前加工,并筛选出可利用的信息,以减少可选择的刺激,减小内部反应延迟,提高反应速度;对信息的提前加工减少了大脑所加工的信息总量,使其有更多的注意分配到重要的知觉维度和特征上,进而保证了决策的准确性。大量研究表明选择性注意对比赛结果起着十分重要的作用<sup>[25]</sup>,说明有经验的运动员可以利用他们的知识来剔除一些不必要的因素,从而提高了对动作反应的速度。

相关证据也表明优秀网球运动员更善于在信息尚未完全呈现时(对手触球前80ms),迅速有效地利用对手击球前的运动学信息进行反应,并表现出明显的反应和判断优势;而新手则更多地从球飞行的过程中提取信息做出反应<sup>[26]</sup>。运动新手知觉操作的限制性因素不是搜索的策略有问题,而是运用所注视到的有用信息的能力有限<sup>[27]</sup>。

来自脑电方面的证据表明<sup>[26]</sup>:在对方触球前80ms做出预判时,专家组诱发的N250成分峰值最大、潜伏期短,说明专家网球运动员能在信息量呈现尚不完整时把握有利时机,在任务难度较大时表现出更明显的决策优势,使得决策反应既快又准。

### 1.3 优秀运动员对特定信息加工(编码、对照、处理)效率高

优秀运动员知觉模式合理、动作识别快、动作记

忆多、表征效果好、自我调控强<sup>[10]</sup>。有研究者通过对教练员的访谈指出:教练员普遍认为,羽毛球比赛获胜者未必一定是技术最好的,但一定是那些勤于思考、善于总结、知觉判断能力较强的运动员<sup>[28]</sup>。新手组的信息加工绩效差,是因为运动情境中的信息多且复杂,从中提取出有用信息的速度慢;随后再与自己的知识经验进行匹配,新手由于动作不够熟悉经验不够丰富,匹配的速度慢且不够准确<sup>[18]</sup>。

来自脑电的证据显示所有测试人员的大脑左半球激活程度均大于右半球,但专家组的波动相对较小,说明专家组更善于将左半球分析的、序列的加工方式与右半球直觉的、综合的加工方式整合,这可能是专家组表现出认知优势的重要原因之一<sup>[26]</sup>。

张怡、周成林<sup>[26]</sup>将实验材料分阶段处理后研究结果显示:在实验材料呈现早期阶段(500ms前)专家网球运动员诱发的P1波幅较小、N1的激活程度最小,充分说明了专家网球运动员在刺激材料呈现早期投入的认知资源少,对早期刺激信息的注意和激活水平并不高;N2激活程度最小、潜伏期长、P300潜伏期短,说明专家组对目标进行识别和编码的速度快;晚期阶段(500ms后):专家组和新手组在各脑区诱发LNC的平均波幅差异显著,说明专家组在视频开始500ms以后,才开始将注意资源分配于比赛过程中的击球特点等关键信息;在决策前,专家组往往会花费更多的时间和精力来建立对问题情境材料的表征、加工、匹配和整合,因此,诱发的LNC波幅大。

王小春、周成林<sup>[29]</sup>研究指出:在遮挡部分信息的情况下,网球专家诱发的P2波幅大;并指出这可以作为网球专家对信息输入与记忆系统的认知匹配程度高的证据。专家组大脑顶枕区域诱发的LPC平均波幅大;这证明了网球专家经过多年的训练形成了特殊的专项视觉空间记忆系统,对专项情境的空间记忆更深刻,加工程度更深。

孟国正<sup>[23]</sup>研究表明:排球运动员在负责视觉信息加工的枕叶外侧上部灰质体积和厚度要显著高于普通人,且这种差异主要集中在大脑右半球;并据此推测这种差异可能与排球运动员多年的动作技能学习和运动训练而造成的适应性变化有关。在触球时和触球后普通人多激活了负责视觉信息加工的枕极和枕叶梭状回,并指出这可以作为普通人在执行拦网决策任务和

处理视觉信息时动用了较多脑功能的证据。综上所述,优秀运动员经过长期的竞赛与训练、丰富的比赛经验和专业知识的积累使其在预判决策时能表现出一定的优势。来自眼动测试和脑电方面的数据表明产生这一优势的原因可能是:优秀运动员能够

采用更合理的视觉搜索模式;能够及时地发现关键信息并进行识别、加工;在识别、加工的过程中表现出编码快、加工程度深且与已有信息的匹配程度高;能够更合理地分配脑资源;善于将左、右半球的加工方式相结合;善于在不断变化的比赛情境中快速捕捉到对手的关键信息,继而表现预判决策快且准。

## 2 变换动作能力的影响因素研究

排球管理中心对集训运动员灵敏素质测试采用 6 m × 16 移动、双摇跳绳指标。6 m × 16 移动与比赛成绩具有显著性相关,它反映出运动员快速移动素质和灵敏素质在比赛中显得至关重要<sup>[30]</sup>。吴军霞等<sup>[31]</sup>指出:V 字移动作为排球运动员快速移动和灵敏性的测试指标较为可靠,而双摇跳绳由于难度较大,加之运动员并不熟悉,故双摇跳绳作为灵敏性测试指标可靠性不高;V 字移动与运动成绩之间存在显著相关。

张宝琨<sup>[32]</sup>对我国甲级女子排运动员的灵敏素质评定方法进行了探讨,通过专家的经验评定,选择了 5 项反映灵敏素质的指标:全身视觉反应时、应变米字移动、反复横移动、拦网摸限制线、空中应变能力。通过逐步回归指出全身视觉反应时和迅速变换身体运动方向能力的反复横跨移动是反映运动员灵敏素质水平的重要测验方法,包含了反应能力和变向能力。

徐军<sup>[33]</sup>通过回归分析指出:蛇形跑、折线跑、15 m × 2 往返跑、5 m × 6 往返钻障碍 4 项指标是反映少年足球运动员灵敏素质的主要因素,包含了变向能力和变换动作能力。

赵亚凤<sup>[34]</sup>采用反复横跨、十字跳测验、立卧撑和 3 m 往返跑作为灵敏素质的测试指标(包含了变向能力和变换动作能力),并指出经过 3 周训练后 4 个指标都得到了提高,只有立卧撑测试成绩未达到显著性差异,说明运动训练能够提高灵敏性;并指出身体成分和静息代谢率的变化对运动员的灵敏素质有影响。

龚大利等<sup>[35]</sup>采用立卧撑、十字变向跑、象限双脚跳、滑步倒跑和反应时反映乒乓球运动员的灵敏素质(包含了反应、动作和方向变化)。

杨文彬<sup>[36]</sup>根据排球项目特点结合排球场地设计了一个测试高大排球运动员灵敏性的方法,主要包含了排球相关动作的变换和移动方向的改变两个方面,运用该方法的测试成绩作为因变量,以左右侧滚翻、反应时等 9 项指标为自变量,采用逐步回归分析得出:左右侧滚翻、斜板收腹、米字移动、三级蛙跳是影响灵敏性的重要指标。从回归的结果来看:反应能力之所以被排除在外,极可能是由于相对于整个测试的过程反应时所用的时间十分短暂。

最近国内相关研究指出运动训练是提高灵敏性的有效方法。陈哲<sup>[37]</sup>通过反复横跨练习有效地提高了初中生的灵敏素质,因此推出反复横跨是一种可以有效发展初中生灵敏素质的练习方法。周莉等<sup>[38]</sup>通过 16 周不同形式的体能训练,均能有效地提高 1 min 跳绳成绩。柴娇等<sup>[39]</sup>采用六角反应球的测试成绩代表小学生的灵敏性,通过统计分析小学生抓球时的动作特征将灵敏性的影响因素归结为:身体重心变化、上肢控制物体能力和下肢位移步伐。李亚楠等<sup>[40]</sup>研究指出:经过一学期的训练,十字变向跑、象限跳、滑步倒跑的成绩都明显提高。通过 6 周的训练 20 名优秀拳击运动员的一般灵敏性和专项灵敏性都得到了一定程度的提高<sup>[41]</sup>。

综上所述,国内对于灵敏素质的研究有从定性向定量过度的趋势,最近有不少研究表明运动员灵敏素质可以通过系统的运动训练得到提高;对灵敏素质的测试方法也逐渐倾向于多维度测评;专家对灵敏性进行定性评价时各个专家所理解的灵敏素质概念可能有所不同,所以经回归分析得出的结果也不尽相同,但是不难看出回归的结果都一致显示专家所理解的灵敏素质概念里面都至少包含了反应能力、变换动作能力和改变方向能力中的一种能力。变换动作能力的定量测量方法以立卧撑、跳绳和钻跳障碍为主;充分说明我国学者对灵敏性的研究还处在一个寻找灵敏素质测试方法或练习方法的阶段,对变换动作能力影响因素的实证研究有待进一步深入。

## 3 快速变向能力的影响因素研究

### 3.1 短距离冲刺速度

灵敏和速度大都以计时的方式来评价,并且一些教练员习惯于运用练习短跑的方法来练习灵敏素质。人们容易产生这样的疑问:速度快的运动员是否就具备较好的灵敏性?用来发展短距离速度的练习是否可以用来发展灵敏素质?

基于上述两个问题,很多专家学者运用统计学的方法对灵敏素质(快速改变方向的能力)和直线速度两者之间的关系进行了分析,并指出两者不是相同的素质<sup>[42]</sup>,如男子足球职业运动员 10 m 冲刺速度和最大速度与 Z 字穿梭跑之间存在低相关<sup>[43]</sup>;同时也有学者研究发现复杂的运动技能(如篮球运球移动和足球绕杆)与冲刺速度之间存在低度相关<sup>[42]</sup>。

也有研究表明,灵敏素质与较长距离冲刺(27.4 m 和 36.6 m)的相关系数稍高于短距离冲刺(9.1 m 和 18.3 m)的相关系数<sup>[43]</sup>。这与 Paoule 等<sup>[44]</sup>的研究较为一致:女大学生 40 码冲刺与 T 检验之间存在中等相关;但是男大学生的测试结果显示两者之间的相关系数仅为

0.55。Jon 等<sup>[45]</sup>研究表明:10 m 冲刺速度与改变方向能力和反应灵敏之间存在高度相关。

### 3.2 下肢肌肉质量与快速改变方向的能力

不少研究认为下肢爆发力与快速变向能力之间具有较低程度的相关且不具有统计学意义。Young 等<sup>[46]</sup>研究表明纵跳成绩与灵敏性之间的相关系数  $r=-0.1$ 。Kaplan Turgut 等<sup>[47]</sup>认为立定跳远成绩和灵敏性之间不存在线性相关关系。有研究认为下肢爆发力能预测灵敏性的成绩,但不能很好预测灵敏成绩,下肢力量因素只能解释 17%的灵敏<sup>[48]</sup>。

Young 等<sup>[46]</sup>运用半蹲姿势的等动力量与灵敏性进行统计分析,结果显示两者之间具有低度相关,且不具有统计学意义。而 Negrete 等<sup>[49]</sup>研究表明单腿半蹲等动力量练习与灵敏性之间存在中度相关( $r=-0.6$ ,  $P<0.05$ ),并指出这种相关可能只在短距离的快速改变方向时才能表现出来。这与 Vescovi 等<sup>[43]</sup>的认识较为一致——灵敏强调的是较短距离的变向能力。这对进行短距离移动并需要快速变向的运动员十分重要,如羽毛球、排球运动员和足球守门员等都需要快速变向的短距离移动。

Sheppard 等<sup>[42]</sup>在 1996 年和 2002 年分别用两种跳深方式“高台下落跳”和跳深两者方式进行试验,结果显示两者跳深方式的成绩与灵敏性之间的相关系数分别是  $r=0.36$ ,  $r=-0.47$ ,且都不具有统计学意义。对女排运动员的研究表明:纵跳成绩好的运动员具有较好的灵敏性,灵敏性与纵跳高度相关<sup>[43, 50]</sup>。反应力量与灵敏性之间具有较高相关关系得到了支持。

两腿力量发展不平衡会使得弱侧腿在改变方向时力量不足而导致改变方向速度较慢,同时,在向强侧移动的速度会因为弱侧腿力量不足而降低。Sheppard 等<sup>[42]</sup>指出单侧下肢反应力量与改变方向的速度之间却存在高度相关,并指出反应力量的不平衡是预测改变方向能力强弱侧成绩不同的有效指标。

### 3.3 技能与快速改变方向的能力

以较高重心快速冲刺的运动员在改变移动方向时都会调整身体姿势,即降低重心、缩短步长并减速以便于改变方向<sup>[42]</sup>。人体在冲刺时保持低重心和前倾的身体姿势是减速、加速和保持身体稳定所不可或缺的,改变方向时人体也必须减速并降低重心,由此可见跑的技术对改变方向的能力是多么重要。

良好的准备姿势为运动员加速、减速、变向和跳跃提供了一个良好的支撑并在身体重心和地面之间提供了一个很好的支撑点,有利于力量的高效发挥。好的准备姿势有利于腿部、髋部、躯干和上肢的力量高效地转移到地面,进而能更好地产生移动和保持平衡。

准备姿势会因运动场景不同和项目不同而有所差异,对于大多数由静止状态的起动物势,运动员臀部应后移上体稍前倾,以至肩部和胸部恰恰在膝关节上方,膝关节与脚指指跟在一条线上,重心落在前脚掌,上体与小腿成平行,这样运动员在开始时感到不舒服,但是这会使他获得很好的平衡和便于发力<sup>[51]</sup>。

### 3.4 身体形态与改变方向能力

Artero 等<sup>[52]</sup>通过对 2 474 名西班牙青少年进行测试,结果表明:超重和肥胖的青少年相对于正常体重的青少年灵敏性较差。肥胖与灵敏性的相关系数为  $r=0.21$ <sup>[42]</sup>。有研究表明灵敏成绩好的运动员具有低脂趋势<sup>[53]</sup>。身高和肢体长短以及重心的高低与灵敏性的关系的文章相对较少,一般认为较高的重心不利于改变方向,因为其要通过降低重心而改变方向需要更多的时间。

### 3.5 影响改变方向能力的其他因素

1)遗传。体能专家 Ken Mannie<sup>[54]</sup>认为:遗传在灵敏提高的过程中扮演着重要角色,它决定了灵敏性提高的程度;因此我们根本无法将一个天生只有一般灵敏的人变得十分灵敏。

2)训练。Bloomfield 等<sup>[55]</sup>和 Ian Jeffreys<sup>[56]</sup>的研究一致认为:运用系统的方法进行训练,灵敏素质可以明显提高。

相关实验结果表明:通过对髋部屈肌的抗阻训练后,受试者灵敏性得到了明显提高<sup>[57]</sup>。Elmarie 等<sup>[58]</sup>研究表明:后退训练是提高运动员灵敏性的有效方法。

相关研究表明准备活动的方式也是影响灵敏性的重要因素:动态性准备活动能提高灵敏性,而静态拉伸准备活动并没有提高灵敏性<sup>[59]</sup>。

并不是任何形式的训练都能提高运动员的灵敏性,如短期全身震动训练不能提高运动员的灵敏性<sup>[60-61]</sup>;单纯的力量素质训练难以提高灵敏性,Tricoli 等<sup>[62]</sup>认为:纵跳练习和挺举也不能提高灵敏性,并指出灵敏是复杂的技术难以通过简单的力量提高;10 周 30 次的本体感受性训练提高了受试者的快速变向能力,但是成绩提高不大<sup>[63]</sup>。

技能训练易提高灵敏性,Christou 等<sup>[64]</sup>通过对青少年足球运动员进行 16 周的训练表明:力量+技术训练组和单纯技术训练组都能有效提高运动员的灵敏性。

综上所述,运动员灵敏素质只有通过合理的、有针对性的训练才能有效地提高,单纯的力量训练、本体感受性训练和振动训练等都难以有效地提高运动员的灵敏性。

3)空气质量。Das 等<sup>[65]</sup>通过对 130 名 12~14 岁印度儿童少年进行了试验研究表明:空气污染对包括灵敏

性在内的身体能力有负面影响。

4)其它因素。Kainoa Pauole 等<sup>[44]</sup>从定量研究的角度证明了灵敏素质与年龄、性别有关系;也有学者研究指出每千克体重 6 mg 咖啡因的剂量并不能提高受试者的灵敏性<sup>[66]</sup>。

## 4 灵敏素质研究展望

### 4.1 理论研究与运动实践相结合

近年来随着认知心理学的发展,认知心理学的研究范式和方法在体育领域中运用日趋广泛,同时体育领域也出现了大量的有关认知的研究成果,这对体育运动无疑具有促进作用。但是,目前来看这些研究成果并没有在体育运动中得到应用,运动员对预判决策能力习得的主要途径还是靠自己摸索、积累,运动队并没有专门培养这种能力的意识。相关研究表明:训练时强迫运动员注意对手的动作特征显得极为重要,更重要的是强迫运动员根据早期的运动表象进行选择关键信息,这是一个十分有效的预判训练方法。这种方法就会迫使运动员去学习早期的运动线索与运动结果之间的关系,进而培养运动员快速的预判决策能力。因此,有必要加大这些研究成果的宣传力度,使研究成果尽快应用到运动实践中去,并在运动实践中接受检验,继而使相应理论日趋完善。

### 4.2 加强对灵敏素质的综合研究

灵敏素质是一个十分复杂的素质,单纯地认为是快速改变方向或变换动作都不能很好阐释灵敏素质的内涵;对运动员灵敏素质进行测量评价时应考虑采用多维度多层次的方法,以便更加全面、客观地反映运动员的灵敏素质。

### 4.3 探讨灵敏素质构成因素,促进运动员全面发展

由于灵敏素质的复杂性,我们更应该深入地探讨其结构、分析其构成要素,只有较为准确地掌握了灵敏素质的构成要素与结构,根据其构成要素分门别类地进行训练,才能全面有效地提高运动员的灵敏性,为运动训练实践提供必要的理论指导和方法支持。

## 参考文献:

[1] 苗东升. 系统科学大学讲稿[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 68.  
 [2] 赵西堂, 葛春林, 孙平. 试论运动灵敏性的概念及其分类[J]. 武汉体育学院学报, 2012, 46(8): 92-95.  
 [3] Sheppard J M, Young W B, Doyle T L A, et al. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2006(9):

342-349.

[4] 段宇防. 乒乓球运动员预期判断攻球线路的眼动特征与反应时研究[D]. 北京: 首都体育学院, 2008.  
 [5] Farrow D, Reid M. The contribution of situational probability information to anticipatory skill[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2012, 15(4): 368-373.  
 [6] Raoul Huys, Rouwen Cañal-Bruland, Hagemann N, et al. Global information pickup underpins anticipation of tennis shot direction[J]. J Motor Behavior, 2009, 41(2): 158-171.  
 [7] Hua Jin, Xu Gui-ping, John X, et al. Event-related potential effects of superior action anticipation in professional badminton players[J]. Neuroscience Letters, 2011, 4(3): 139-144.  
 [8] 李安民, 高耀. 重剑运动员在运动情境中视觉搜索优势的分析[J]. 武汉体育学院学报, 2010, 44(10): 54-58.  
 [9] 王明辉, 李建民, 闫苍松. 篮球运动员运动决策准确性和速度差异性的眼动研究[J]. 北京体育大学学报, 2007, 30(6): 774-776.  
 [10] 周成林, 刘微娜. 竞技比赛过程中认知优势现象的诠释与思考[J]. 体育科学, 2010, 30(10): 13-22.  
 [11] 张晓刚. 足球守门员在防守点球运动情境中眼动特征的研究[J]. 中国体育科技, 2010, 46(1): 88-92.  
 [12] 肖坤鹏, 孙建华. 排球运动员接发球过程中视觉搜索特征的研究[J]. 体育科学, 2012, 9: 67-74.  
 [13] 熊建萍. 男排运动员观看拦网运动情景的眼动特征分析[J]. 北京体育大学学报, 2011, 34(5): 132-135.  
 [14] 刘运洲, 张忠秋. 优秀排球运动员的预判特征研究: 以“扣球”为例[J]. 中国体育科技, 2012, 48(4): 46-51.  
 [15] 刘翠娟. 散打运动员视觉搜索中眼动的实验研究[J]. 西安体育学院学报, 2010, 7(4): 507-509.  
 [16] 黄宏远, 邱丽卿. 网球运动员观看网球静态图片时的眼动特征[J]. 武汉体育学院学报, 2012, 46(12): 59-62, 78.  
 [17] 张运亮, 李宗浩, 孙延林, 等. 篮球后卫运动员专项认知眼动特征研究[J]. 天津体育学院学报, 2005, 20(5): 39-41.  
 [18] 王丽岩, 李安民. 不同刺激呈现方式对乒乓球运动员视觉搜索特征的影响[J]. 中国体育科技, 2009, 45(5): 32-39.  
 [19] 王恒, 熊建萍. 不同运动水平男大学生观察排球扣球视频的眼动特征[J]. 体育学刊, 2010, 17(5): 77-81.

- [20] Martell S G, Vickers J N. Gaze characteristics of elite and near-elite athletes in ice hockey defensive tactics[J]. *Human Movement Science*, 2004, 22(1): 689-712.
- [21] Ripoll H, Kerlirzin Y, Stein J F, et al. Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations[J]. *Human Movement Science*, 1995, 14(3): 325-349.
- [22] Huys R, Canal-Bruland R, Hagemann N. Global information pickup underpins anticipation of tennis shot direction[J]. *J Motor Behav*, 2009, 41(1): 158-170.
- [23] 孟国正. 高水平排球运动员运动情景中决策行为的脑神经机制研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2011: 53-66.
- [24] Tenenbaum G, Yuval R, Elbaz G, et al. The relationship between cognitive characteristics and decision-making[J]. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 1993, 18(1): 48-62.
- [25] 张学民, 廖彦罡, 葛春林. 大学生与运动员视觉选择注意的对照研究[J]. *体育科学*, 2005, 25(3): 22-23.
- [26] 张怡, 周成林. 网球运动员击球线路预判能力及EPR特征研究[J]. *体育科学*, 2012, 12(32): 24-34.
- [27] Janet L Starkes, Fran Allard. Cognitive issues in motor expertise[M]. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1993: 317-356.
- [28] 王树明. 羽毛球运动员专项情境中信息加工阶段速度研究[J]. *中国体育科技*, 2005, 41(3): 93-96.
- [29] 王小春, 周成林. 基于视觉线索遮蔽条件下的网球专家空间知觉预判: 来自眼动与EPR的证据[J]. *体育科学*, 2013, 33(2): 38-46.
- [30] 文静. 青年男排运动员身体素质与比赛成绩的相关分析[J]. *福建体育科技*, 2005, 24(2): 39-41.
- [31] 吴军霞. 少年男排运动员专项身体素质与比赛成绩的相关分析[J]. *河北体育学院学报*, 2008(5): 50-52.
- [32] 张宝琨. 对我国甲级女子排球运动员灵敏素质评定方法的探讨[D]. 北京: 北京体育大学, 1981.
- [33] 徐军. 对我国少年足球运动员灵敏素质评定方法的初步研究[J]. *沈阳体育学院学报*, 1996, 15(4): 44-47.
- [34] 赵亚凤. 体育专业与非体育专业大学生灵敏素质的差异性及其影响机制研究[D]. 沈阳: 沈阳师范大学, 2011.
- [35] 龚大利, 王美春. 乒乓球运动对提高灵敏素质的实验研究[J]. *山东体育科技*, 2001, 23(2): 26-27.
- [36] 杨文彬. 我国青年男排高大运动员灵敏性模式训练的研究[D]. 北京: 北京体育大学, 1987.
- [37] 陈哲. 反复横跨练习对提高初中生灵敏素质的教学实验研究[J]. *南京体育学院学报: 自然科学版*, 2011(6): 87-88.
- [38] 周莉, 李胜英, 马永涛, 等. 不同体能训练对提高学生灵敏素质的影响[J]. *青少年体育*, 2013, 8(6): 61-63.
- [39] 柴娇, 杨铁黎, 姜山. 开放情境下7~12岁儿童动作灵敏性发展的研究——六角反应球抓球测试[J]. *山东体育学院学报*, 2011, 27(9): 60-65.
- [40] 李亚楠, 张杰, 李海峰. 实施灵敏素质健身路径对大学生体质的影响[J]. *体育学刊*, 2012, 19(5): 104-107.
- [41] 鲍善军. 灵敏素质训练对不同水平拳击运动员技、战术运用效果的影响研究[J]. *中国体育科技*, 2012, 48(6): 72-76.
- [42] Sheppard J M., Young W B. Agility literature review: Classifications, training and testing[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2006, 24(9): 919-932.
- [43] Vescovi J D, McGuigan M R. Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2008, 26(1): 97-107.
- [44] Kainoa Pauole, Kent Madole, John Garhammer, et al. Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2000, 14(4): 443-450.
- [45] Jon L Oliver, Robert W Meyers. Reliability and generality of measures of acceleration, planned agility, and reactive agility[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2009, 4: 345-354.
- [46] Young W B, James R, Montgomery I. Is muscle power related to running speed with changes of direction?[J]. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2002, 43(1): 282-288.
- [47] Kaplan Turgut, Erkmén Nurtekin, Taskin Halil, et al. The relationship between change direction ability and explosive strength in professional soccer players[J]. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 2009, 9(2): 155-159.
- [48] Goran Markovic, Damir Sekulic, Margareta Markovic. Is agility related to strength quali-

- ties?-Analysis in latent space[J]. *Coll Antropol*, 2007, 31(3): 787-793.
- [49] Negrete R, Brophy J. The relationship between isokinetic open and closed kinetic chain lower extremity strength and functional performance[J]. *Journal of Sports Rehabilitation*, 2000, 9: 46-61.
- [50] Barnes J L, Schilling B K, Falvo M J, et al. Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes[J]. *J Strength Cond*, 2007, 21(4): 1192-1196.
- [51] Verstegen M, Marcello B. Agility and coordination[G]//High performance sports conditioning. B.Foran, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2001: 139-165.
- [52] Artero E G, Espana-Romero V, Ortega F B, et al. Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2010, 20(1): 418-427.
- [53] Stuart Jarvis, Lee O Sullivan, Bruce Davies. Interrelationships between measured running intensities and agility performance[J]. *Research in Sports Medicine*, 2009, 17(1): 217-230.
- [54] Ken Mannie. C O D center on agility[J]. *Powerline*, 2002, 9: 6-9.
- [55] Bloomfield J R, Polman P. Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports[J]. *J Strength Cond*, 2007, 21(4): 1093-1100.
- [56] Ian Jeffreys. Motor learning—applications for agility, part 1[J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2006, 28(5): 72-76.
- [57] Deane R S, Chow J W, Tillman M D, et al. Effects of hip flexor training on sprint, shuttle run, and vertical jump performance[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2005, 19(3): 615-621.
- [58] Elmarie Terblanche, Ranel E Venter. The effect of backward training on the speed, agility and power of netball players[J]. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 2009, 31(2): 135-145.
- [59] McMillian D J, Moore J H, Hatler B S, et al. Dynamic vs. static-stretching warm up: The effect on power and agility performance[J]. *J Strength Cond*, 2006, 20(3): 492-499.
- [60] Cochrane D J, Legg S J, Hooker M J. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2004, 18(4): 828-832.
- [61] Pienaar C. The acute effect of whole body vibration (WBV) training on power-related measurements of field hockey players[J]. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 2010, 16(4): 594-604.
- [62] Tricoli V, Lamas L, Carnevale R, et al. Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2005, 19(2): 433-437.
- [63] Sanja Simek Salaj, Dragan Milanovic, Igor Jukie. The effects of proprioceptive training on jumping and agility performance[J]. *Kinesiology*, 2007, 39(2): 131-141.
- [64] Christou M, Smilios I, Sotiropoulos K, et al. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(4): 783-791.
- [65] Paulotni Das, Paritnal Debnath, Pratitna Chatterjee. Impact of air pollutants on physical fitness components of trained and untrained boys of west Bengal, India[J]. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 2007, 19(2): 16-25.
- [66] Lorino A J, Lloyd L K, Crixell S H, et al. The effects of caffeine on athletic agility[J]. *J Strength Cond Res*, 2006, 20(4): 851-854.