

content\_5606149.htm.

- [2] 张文娟, 魏蒙. 中国老年人的失能水平到底有多高?——多个数据来源的比较[J]. 人口研究, 2015, 39(3): 34-47.
- [3] 国家医疗保障局办公室, 中华人民共和国民政部办公厅. 关于印发《长期护理失能等级评估标准(试行)》的通知[EB/OL]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-08/06/content\\_5629937.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-08/06/content_5629937.htm).
- [4] 王保成. 正确认识体能训练概念, 科学有效进行训练[J]. 田径, 2023(2): 3-5.
- [5] 李裕全, 程艳. 老年人身体形态与功能性体适能健康状况[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(18): 4437-4439.
- [6] 王峰. 中国老年人未来 5 年身体形态的灰色预测[J]. 四川体育科学, 2021, 40(2): 50-53.
- [7] 王哲, 黄鹏. 老年人体能训练研究现状[J]. 当代体育科技, 2020, 10(31): 120-122.
- [8] 王迪, 宋健. 体能训练对女性及老年人的健康影响的研究[Z]//中国体育科学学会体能训练分会. 第八届中国体能高峰论坛暨第二届中国体能训练年会书面交流论文集. [出版者不详], 2021: 6.
- [9] 张艳. 60-69 岁城乡老年人身体机能的对比研究[J]. 科学大众(科学教育), 2013(1): 170.
- [10] 赵华, 李洋. 河北省老年人体质状况分析[J]. 中国老年学杂志, 2014, 34(3): 756-758.
- [11] 姚毅, 朱欢, 向政, 等. 有氧运动对中老年人微循环功能干预效应的研究进展[J]. 湖北科技学院学报(医学版), 2022, 36(3): 268-272.
- [12] 戴伟宇. 有氧游泳运动对中老年人心肌细胞以及功能的影响机制研究[J]. 当代体育科技, 2020, 10(3): 178.
- [13] 葛菁, 沈在天. 有氧登山运动对中老年人健康状况的影响[J]. 中国老年学杂志, 2009, 29(8): 1024-1025.
- [14] 栗国军, 张志强. 短期抗阻训练对男性老年人身体形态和机能的影响[J]. 韶关学院学报, 2021, 42(3): 85-89.
- [15] 王小燕, 周蓉晖, 刘芳, 等. 有氧健身运动对城市老年人人体质的影响[J]. 中国体育科技, 2002, 38(6): 29-31.
- [16] 张军鹏, 李晓艳, 张雁儒, 等. 有氧运动联合抗阻训练对长期习练太极拳老年人肢体运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43(9): 834-836.
- [17] 贺艳军. 运动对老年人免疫系统影响研究进展[J]. 南京体育学院学报, 2021, 20(12): 42-47.
- [18] Zhou C, Zhao E, Li Y, Jia Y, Li F. Exercise therapy of patients with irritable bowel syndrome: A systematic review of randomized controlled trials[J]. Neurogastroenterol Motil, 2019, 31(2): 13461.
- [19] 夏婧, 韩军生. 有氧运动对老年人心境状态影响的 Meta 分析[J]. 四川体育科学, 2022, 41(2): 73-76.
- [20] 范子哲. 运动康复指导对老年人衰弱状态、生活质量及心理健康的影响[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(17): 4243-4246.
- [21] 黄向镭, 唐宁潇. 后疫情时代老年人体能训练推广的内在逻辑、困境及策略研究[J]. 体育科技文献通报, 2023, 31(9): 126-129.
- [22] 曲志磊, 张宇晓. 老年人的体能训练研究[J]. 当代体育科技, 2014, 4(16): 29-30.
- [23] 朱欢, 胡庆华, 彭爱萍, 等. 长期太极拳运动对中老年人膝关节皮肤微血管反应性、经皮氧分压的影响[J]. 中国应用生理学杂志, 2020, 36(4): 321-323.
- [24] 田龙. 太极拳对 MCI 老年人认知功能与执行功能的影响[J]. 承德医学院学报, 2020, 37(2): 173-176.
- [25] 赵海军, 牛晓梅. 太极拳锻炼对中老年人血脂、脂蛋白代谢的影响[J]. 体育学刊, 2003, 10(6): 61-62.

作者简介: 黄雄汉(1985—), 男, 汉族, 广东广州人, 本科, 助教, 广东科技学院, 研究方向: 体能训练。

## 运动科学驱动下的高尔夫训练：技术和表现趋势

冯娟 夏锐 王燕

巢湖学院，安徽 合肥 238024

[摘要] 全民健身背景下，高尔夫逐渐成为一项受欢迎的运动，吸引越来越多的人参与其中。运动应遵循科学的训练方法，才能实现技术和表现的提升。运动生理与心理、运动挥杆生物力学、体能训练等几个方面是运动科学的重要因素，描述运动科学在高尔夫训练中的应用，重点关注技术和表现优化的最新趋势，为运动员和教练员提供更深入的理解和改进技术的指导。

[关键词] 运动科学；高尔夫；运动表现

DOI: 10.33142/jscs.v3i6.10826

中图分类号: G849.3

文献标识码: A

### Golf Training Driven by Sports Science: Technical and Performance Trends

FENG Juan, XIA Rui, WANG Yan

Chaohu University, Hefei, Anhui, 238024, China

**Abstract:** In the context of national fitness, golf has gradually become a popular sport, attracting more and more people to participate. Sports should follow scientific training methods in order to achieve improvement in skills and performance. Sports physiology and psychology, swing biomechanics, and physical training are important factors in sports science. Describe the application of sports science in golf training, with a focus on the latest trends in technology and performance optimization, providing athletes and coaches with a deeper understanding and guidance for improving technology.

**Keywords:** sports science; golf; sports performance

#### 引言

高尔夫这项体育运动，不仅有益于健康，而且有益于陶冶情操。参与高尔夫的运动员不仅身体活跃，而且有更高质量的生活质量<sup>[1]</sup>。但是，高尔夫也是一项极易受损伤的运动项目。腰椎损伤是高尔夫运动员最常见的损伤，发生率通常为 22%~34%。除颈部、胸部、腰部的脊柱损伤外，手腕部是最常见的损伤部位，发生率为 6%~37%<sup>[2]</sup>。疼痛无法完成正常的动作，运动损伤影响员的发挥，进而会影响运动表现，最终影响运动成绩。通过运动科学驱动下的高尔夫训练，系统地了解高尔夫运动项目的运动生理功能与心理因素、挥杆动作的生物力学、体能训练，能够起到预防损伤的作用，为高尔夫运动项目提供更加科学的训练与运动损伤防护体系，提高高尔夫运动员运动技术，减少运动损伤，提高运动成绩。

#### 1 运动生理功能及心理因素

##### 1.1 运动生理功能与高尔夫训练

运动生理功能的提升能为高尔夫训练提供科学的指导与依据。高尔夫项目的运动成绩与神经系统的功能有一定的相关性。动眼神经运动干预对于已建立起来的运动技能的再学习具有重要的意义<sup>[3]</sup>。职业高尔夫运动员挥杆速度以及挥杆角度与小脑、顶叶和额叶之间的功能连接相关，而恒定的击球角度与高尔夫运动成绩的提高和丘脑功能连接有关<sup>[4]</sup>。不同的高尔夫运动员的表现与不同的皮质活动有关。阿尔法节律的功能耦合反映了皮层活动的协调性，

半球内一致性有相对较高的推杆成功率<sup>[5]</sup>。优秀的高尔夫运动员在神经反馈训练后会表现出更强的推杆能力<sup>[6]</sup>。教练员可以通过对运动员神经系统的相关测试，用以运动员的选材及运动成绩预判，对阶段训练成绩评估，并继续优化训练方案。同时，也可考虑脑的功能连接是否因运动疲劳而导致运动员运动成绩的下降，并做适当的赛前调整，这些做法都有利于运动成绩的提高。循环系统对于高尔夫运动表现主要强调对健康的促进，如高尔夫运动的强度可能会对心血管的危险因素起到一定的逆转作用<sup>[7]</sup>，也可减少老年人的平均动脉压<sup>[8]</sup>，而呼吸系统中，强调腹式呼吸在训练中的作用<sup>[9]</sup>，呼吸训练有利于击球的准确性，可在训练中加入腹式呼吸。总之，针对不同目标人群，技术和表现趋势则呈现不同的因果关系。

##### 1.2 心理因素与高尔夫训练

心理因素的训练对于高尔夫运动员运动成绩的提高起到正向作用。采用心理意向干预和物理干预的高尔夫初学者，其运动成绩会优于单一初学训练者<sup>[10]</sup>。在高尔夫练习时，采用相同技能的交替身体观察训练，则挥杆的准确性优于单独挥杆练习<sup>[11]</sup>。心理因素对于运动成绩的提升以及学习挥杆动作的效率有积极的作用。团队内的训练能增加初学者的竞争意识，对于初学者，应增加团体的训练，增强注意力的变化以及生理情绪的反应。心理生理模式可能与各群体之间注意过程或任务熟悉程度的差异有关。对于技术熟练的高尔夫运动员，在实际运动中有更一致的熟

练套路<sup>[12]</sup>，这就强调了心理作用与运动成绩的关系。心理因素可成就运动员的竞技水平，而运动员的等级则需要更高的心理素质。与此同时，通过内在动机和学习注意力优化理论中的动机和注意因素，加强挥杆目标与实际挥杆行动的耦合来促进学习的效率以及训练的效果。通过培养自信心、有效管理压力、控制情绪、保持专注力和冷静度，并获得团队支持和心理辅导，运动员可以提高技术水平并取得更好的成绩。

## 2 生物力学与高尔夫运动

对高尔夫运动挥杆动作的生物力学知识的学习和了解是至关重要的。挥杆不当，可影响运动表现，进而影响运动成绩，还可能造成运动损伤。因此，主要从以下四个方面进行高尔夫挥杆动作的生物力学描述。

### 2.1 高尔夫挥杆的运动学

高尔夫挥杆可分为四个阶段。第一阶段：向外，从地平线到杆是水平的。第二阶段：后挥杆，从水平向后摆到顶部。第三阶段：下摆或前挥杆，从后挥杆到顶部直到球杆是水平状态。加速度，从水平杆到冲击。第四阶段：跟随，从与球接触到结束挥杆。在挥杆时，30度的角度和更宽的站姿宽度显著降低了膝关节内收力矩的峰值<sup>[13]</sup>。足部压力中心与身体重心一致，能使体重在足底的压力分布更好地使下肢保持良好的稳定性。当下肢的稳定性显著增加时，能够支撑下半身的关节运动，而质量中心则会使得挥杆接近最大加速度<sup>[14]</sup>。当使用不同的握力挥杆时，两只手腕的屈曲、伸展和内外旋转均有显著性的差异，腕关节的尺桡骨偏斜，在所有握力挥杆中没有明显的相互作用。杆面的角度仅在弱握力和强握力有显著性差异，且击球的角度呈现多方向的变化<sup>[15]</sup>。缩短高尔夫后挥杆时的后摆的距离可以减轻脊柱椎体的压力，但是杆头速度及击球的距离也会相应降低<sup>[16]</sup>。高尔夫运动员可通过足底压力计的足底压力的测量，调整下半身肢体的压力分布，可以使下肢在挥杆过程中的稳定性加强。对于有椎体疾病和腕关节已经损伤的高尔夫运动员，同时进行适当握杆的握力调整以及后摆距离的调整。在高尔夫运动员训练时，针对不同水平的运动员进行功能测试，评估脊柱胸段以及腰段的活动度，选出一个最适合的中等握力与击球方向，并在击球时，针对击球动作将减少损伤与不降低成绩做出一个更高的耦合，尽可能减少损伤同时提高运动成绩。腰椎与髋关节旋转运动之间有较强的耦合关系，这在很多球类运动中都会有所体现。在高尔夫运动中，与后摆相比，臀部的旋转在下摆时产生整体旋转的效率更高，且下摆期尾椎和腰椎的相对贡献几乎相等<sup>[17]</sup>。

挥杆过程中，可能会因为臀部肌肉的肌力不足，需要躯干的过度旋转，以完成整个挥杆动作，躯干与臀部动作分离，则会导致腰部损伤。在摆动的早期阶段利用由陀螺仪和加速度计组成的可穿戴运动传感器对高尔夫挥杆中

早期不正确的运动进行检测<sup>[18]</sup>。传感器能监测摆动过程中的运动偏差，如若检测到不可接受的偏差时，则提示摆动的过程中出现了不正确的摆动姿势。虽然对各部位挥杆动作进行监测，然而并没有迹象表明，这些结果与使其他关节生物力学的变化的关系，且尚不清楚输出偏差的值是否实时显示，以及反馈对提高成绩效果的影响，但对于挥杆结果的预判，可作为一定参考。因此，单纯的可穿戴运动传感器并不能有效的达到很好的预期结果，如要使用可穿戴设备进行挥杆动作指导时，可与高水平的高尔夫运动员的挥杆轨迹进行一个拟合，做出相应的指导。要对挥拍各阶段的躯干与四肢的动作的运动轨迹分析，应将挥杆各阶段的足底压力、主要肌肉群的表面肌电、三维的动作分析视频与可穿戴设备进行时间上的同步，进而能更好地分析整个挥杆阶段的躯体的运动学，有利于提高运动技术及运动表现。

### 2.2 高尔夫挥杆的动力学

在三维的肌肉骨骼系统模型上，通过对各摆动阶段的椎间载荷、腰椎载荷和载荷进行逆向动力学分析时显示，L5-S1椎间载荷值最高，这种椎间载力会向T12方向逐渐下降。跟随杆阶段对每个模型的椎间载荷都是最大的，大于下摆和加速度阶段<sup>[19]</sup>。因此高尔夫运动员的腰部问题常出现在L5-S1段。人体仿真建模及生物力学分析系统的模拟同样可以作为一个平台用来理解运动和生物医学中的身体运动的动力学<sup>[20]</sup>。在下摆过程中，躯干骨盆分离有助于较大的上躯干旋转速度和躯干骨盆分离速度，最终产生较大的球速。优秀的高尔夫球手在下摆开始时有较低的转动速度，而在下摆时则比一般和技术水平较低的球员的速度要高。重心及压力中心倾斜变量来评估高尔夫球挥杆的动态平衡能力，且证明职业高尔夫运动员往往表现出更好的动态平衡<sup>[21]</sup>。并不是躯干的快速旋转带来快的球速就能达到最终的运动成绩，尤其在跟随阶段，球速提高的原因在于下摆阶段躯干和骨盆的分离得当，而不是单一地为了追求球速，而使躯干旋转速度过快和旋转角度过大，增加腰部的椎体负荷，事倍功半，不利于运动成绩的提高。优秀的高尔夫运动员，不仅需要脊柱的稳定性，还应具有良好的躯干运动控制能力、爆发力，及在挥杆各阶段适当的姿势控制平衡的能力，达到挥杆的最优的动力学效果。

### 2.3 高尔夫挥杆的肌肉激活

高尔夫下摆挥杆阶段的肌肉激活水平最高，右侧半腱肌和右侧股二头肌相对于最大肌电图的平均激活水平最高。当高尔夫运动员使用4号、7号球杆和劈杆时，4号球杆在下肢肌肉的肌电图上的激活平均值更高<sup>[22]</sup>。在挥杆前后各阶段的脊柱肌肉的激活水平和表现变量没有显著差异，比较挥杆前后所用到的最大肌力时，竖脊肌的末端有明显的疲劳感<sup>[23]</sup>。在高尔夫手挥杆的下摆和加速挥杆阶段，观察到胸腰椎竖脊肌肌肉的最大激活水平<sup>[24]</sup>。结合挥杆运动的动力学进行分析，这可以归因于神经肌肉骨骼系



统对运动的控制。竖脊肌的胸、腰段的活动水平较高，而躯干力量和稳定性不足则可能使高尔夫运动员更容易出现与腰痛有关的损伤。不同肌肉的平均肌电图水平在加速和跟随阶段最高，脊椎旁肌的共同收缩与腰椎负荷之间存在着一定的联系。这可用来解释高尔夫项目运动员的下腰痛与挥杆之间的肌肉密集的关系。然而，关于动力学对腰椎的研究中，在下摆时腰椎对脊柱旋转的贡献要低于与腰臀的配合。而过分使用腰椎，虽然一定程度上能显示出明显的性能优势，但是由于腰椎无法容纳所产生的负荷，因而可能会做出相应的力学改变。在挥杆时，髂腰肌的肌肉激活可作为未来挥杆动作肌肉激活的一个研究。同时肌肉骨骼系统动态平衡机制很重要，可进行平衡的评估。躯干分离对腰部的负荷也会相应增加。高尔夫运动的短距离后挥杆可能会减少躯干肌肉的活动，进而减少脊柱的椎体间压力，并可能减少背部损伤和疼痛，而不会对挥杆精度或杆头速度产生负面影响。然而，短距离挥杆会增加肩部肌肉的活动，进而增加肩部受伤的风险<sup>[25]</sup>。对于高尔夫运动项目来说，肩部需要注重肩肘节律，不管是肩部和躯干，都应在练习时，找到一个肩部用力和躯干发力的一个合适的点，尤其对于早期高尔夫练习者，重要的还是体能训练，而减少运动表现与运动损伤的不契合，提高运动成绩。

#### 2.4 高尔夫挥杆与运动损伤

挥杆动作的不得当，不仅会影响运动成绩，而且还会带来机体的运动损伤。通过研究与腰椎有关的高尔夫挥杆的生物力学，可以了解急性和慢性损伤的发生机制，说明不当的挥杆确实可以引起机体的运动损伤。在治疗有腰部损伤史的高尔夫运动员中，应该注意评估高尔夫运动挥杆的后续动作，找出导致腰部负荷加重的潜在原因，然后做出相应的挥杆调整，或者加强薄弱环节的力量。尾椎部及背部的下半部是最常见的损伤区域，这是在扭转时椎间盘间隙最窄的地方。当从正面观看高尔夫挥杆的视频时，背部有问题的高尔夫运动员与从击球位置到击球后位置的脊椎角度变化量之间存在相关性。脊椎角度变化越大，背部问题的可能性就越大，对腰椎的压迫越大，带来的腰部问题越大，同时也能验证在挥杆阶段 L5-S1 椎间盘载荷值最高<sup>[19 above]</sup>这一说法。慢性背痛可能需要在挥杆技术进行调整，同时进行腰部的康复方面也要了解运动挥杆的生物力学。摆动技术的调整应由教学专业人员指导进行。熟练高尔夫运动员比非熟练高尔夫运动员的引导膝比摆动膝具有更大的可旋转角度<sup>[26]</sup>。引导膝的膝盖承受的压力更大，则对运动员的膝周力量要求更高。这给予初学高尔夫者一定的启示，若想减少挥杆过程中膝关节的损伤率，就要做好膝关节的伸膝功能的体能训练，避免因膝关节周围的肌力不足，造成膝周的损伤。职业高尔夫运动员的挥杆旋转速度在模式和幅度上是一致的，为业余爱好者提供基准。了解高尔夫挥杆旋转生物力学，可以指导挥杆中的问题，

以帮助优化性能和防止损伤<sup>[27]</sup>。运动贴扎能帮助精英高尔夫球手在下摆过程中减少领先膝盖的内翻力矩，并有助于制定高尔夫运动相关膝关节损伤的预防策略<sup>[28]</sup>。运动损伤与运动成绩之间联系紧密。高尔夫运动其独特的受伤模式取决于运动者的技术水平。较高差点的运动员通常经历由挥杆生物力学造成的伤害，需要更高的身体素质及综合素质。而较低的差点和职业球员的过度使用及身体素质不足是他们受伤的主要原因。

#### 3 体能训练与高尔夫运动

在高尔夫运动之前，应该将动态拉伸作为热身运动的一部分，避免静态拉伸<sup>[29]</sup>。动态拉伸能最大限度地提高高尔夫的运动距离和运动员击球的准确性。在赛前准备阶段进行的练习动作驱动高尔夫推杆的实际动作<sup>[30]</sup>。高尔夫球拉伸训练后，在击球距离、方向偏差、偏转距离、速度等方面有显著提高<sup>[31]</sup>。动态拉伸主要专注于与挥杆相关的手腕、前臂、肩部、胸部、躯干外侧、下背部、腿部肌肉群。与单纯的肌肉伸展相比，同肌肉伸展相结合的脊柱操纵疗法似乎与改善高尔夫运动员的全身动作表现有关<sup>[32]</sup>。脊椎按摩治疗的目的往往是提高表现，维持和改善关节功能、肌肉平衡和神经肌肉反射的速度，可以帮助优化性能，这与高尔夫挥杆的动力学脊柱负荷一致。运动后在主动的动态拉伸中加入功能性阻力训练对优秀男子高尔夫运动员有直接的好处。

当一个高尔夫运动员不能在左侧俯卧单腿平衡时，则在挥杆过程中表现出髋关节早期伸展、姿势丢失或滑行的可能性是那些能够做正确仰卧起坐的人的 2~3 倍。杆头速度与上下肢及全身向心力力量锻炼有关<sup>[33]</sup>。加强核心力量、平衡和腿的柔韧性训练，以避免常见的高尔夫球挥杆失误，否则会影响高尔夫球运动员的运动表现，并最终影响到他们的击球能力。强度和稳定、灵活性、平衡，以及外周肌肉强度与高尔夫运动员的运动能力相关，高尔夫运动员应具备这些素质。实施一个体能训练计划，包括柔韧性、力量训练与纠正错误的摆动机制，将有助于减少高尔夫运动员受伤的可能性，并提高整体运动表现。除了日常高尔夫体能训练，还需要考虑以上因素。

#### 4 结论及展望

高尔夫训练中的运动科学应用涵盖了运动生理与心理、运动挥杆生物力学和体能训练等方面。这些应用帮助运动员和教练员更好地理解和改进技术，提高高尔夫运动的技术水平和表现质量。与此同时，高尔夫训练中的运动科学应用将继续发展，并有望在以下几个方面取得突破：

(1) 通过有限元分析挥杆各个阶段的模型，可以更深入地了解高尔夫挥杆的生物力学，并为球员提供个性化的训练建议。

(2) 人工智能和机器学习在训练模型中的应用，可以帮助球员识别和纠正技术中的错误，并提供个性化的训

练建议。

这些技术的应用,将有助于高尔夫训练的科学化 and 个性化,并帮助球员提高技术水平和表现质量。

基金项目:(1)安徽省高校科研项目,安徽省体育人文社会科学科研创新团队,(课题编号:2023AH00070);(2)安徽省高校科研项目,头低位强腹式呼吸对 COPD 患者认知功能的影响研究,(课题编号 2023AH052092);(3)高校自设科研机构,全民健身公共服务研究中心(课题编号:kj22yjzx16);(4)巢湖学院校级科研项目,排球运动者踝关节活动度、平衡觉与纵跳高度的相关性分析(课题编号:XWY-202204)。

#### [参考文献]

- [1]Stenner B, Mosewich A D, Buckley J D, et al. Associations between markers of health and playing golf in an Australian population[J].*BMJ Open Sport Exerc Med*,2019,5(1):000517.
- [2]Robinson P G, Murray I R, Duckworth A D, et al. Systematic review of musculoskeletal injuries in professional golfers[J].*Br J Sports Med*,2019,53(1):13-18.
- [3]Bishop D T, Addington N, D'Innocenzo G. Using visual guidance to retrain an experienced golfer's gaze: A case study[J].*Eur J Sport Sci*,2017,17(2):160-167.
- [4]Kim J H, Han J K, Kim B N, et al. Brain networks governing the golf swing in professional golfers[J].*J Sports Sci*,2015,33(19):1-8.
- [5]Babiloni C, Infarinato F, Marzano N, et al. Intra-hemispheric functional coupling of alpha rhythms is related to golfer's performance: A coherence EEG study[J].*Int J Psychophysiol*,2011,82(3):0-268.
- [6]Cheng M Y, Huang C J, Chang Y K, et al. Sensorimotor Rhythm Neurofeedback Enhances Golf Putting Performance[J].*J Sport Exerc Psychol*,2015,37(6):626-636.
- [7]Unverdorben M, Kolb M, Bauer I, et al. Cardiovascular load of competitive golf in cardiac patients and healthy controls[J].*Med Sci Sports Exerc*,2000,32(10):1674-1678.
- [8]Ebine N, Itoh M, Horiuchi M, et al. Ground golf-induced changes in the blood pressure of healthy elderly people[J].*J Physiol Anthropol*,2020,39(1):8.
- [9]Yong M S, Lee Y S, Lee H Y. Effects of breathing exercises on resting metabolic rate and maximal oxygen uptake[J].*J Phys Ther Sci*,2018,30(9):1173-1175.
- [10]Brouziyne M, Molinaro C. Mental imagery combined with physical practice of approach shots for golf beginners[J].*Percept Mot Skills*,2005,101(1):203-211.
- [11]Karlinsky A, Hodges N J. Manipulations to practice organization of golf putting skills through interleaved matched or mismatched practice with a partner[J].*Hum Mov Sci*,2019,66(66):231-240.
- [12]Koyama S, Tsuruhara K, Yamamoto Y. Duration of mentally simulated movement before and after a golf shot[J].*Percept Mot Skills*,2009,108(1):327-338.
- [13]Hooker Q L, Shapiro R, Malone T, et al. MODIFYING STANCE ALTERS THE PEAK KNEE ADDUCTION MOMENT DURING A GOLF SWING[J].*Int J Sports Phys Ther*,2018,13(4):588-594.
- [14]Faux L, Carlisle A, Vickers J, et al. The effect of alterations in foot centre of pressure on lower body kinematics during the five-iron golf swing[J].*J Sports Sci*,2019,37(2):1-7.
- [15]Carson H J, Jim R, Bruno M. Examining the influence of grip type on wrist and club head kinematics during the golf swing: Benefits of a local co-ordinate system[J].*Eur J Sport Sci*,2019,19(3):327-335.
- [16]Dale R B, Brumitt J. Spine biomechanics associated with the shortened, modern one-plane golf swing[J].*Sports Biomech*,2016,15(2):198-206.
- [17]Mun F, Suh S W, Park H J, et al. Kinematic relationship between rotation of lumbar spine and hip joints during golf swing in professional golfers[J].*Biomed Eng Online*,2015,14(1):41.
- [18]Stancin S, Tomazic S. Early improper motion detection in golf swings using wearable motion sensors: the first approach[J].*Sensors (Basel)*,2013,13(6):7505-21.
- [19]Bae T S, Cho W, Kim K H, et al. Biomechanical Effect of Altered Lumbar Lordosis on Intervertebral Lumbar Joints During the Golf Swing: A Simulation Study[J].*J Biomech Eng*,2014,136(11):111005.
- [20]Mahadas S, Mahadas K, Hung G K. Biomechanics of the golf swing using OpenSim[J].*Comput Biol Med*,2019(105):39-45.
- [21]Choi A, Sim T, Mun J H. Improved determination of dynamic balance using the centre of mass and