

17名大学生下肢爆发力研究：CMJ与CMJS动作的比较

余梦强¹, 赵鸿玮²

¹温州大学体育与健康学院, 浙江 温州

²宣城市第九小学体育组, 安徽 宣城

收稿日期: 2024年12月13日; 录用日期: 2025年2月10日; 发布日期: 2025年2月24日

摘要

纵跳是大多数运动项目、体能评估以及全民健康测试的重要组成部分,也是反映下肢爆发力的重要指标,大学生体质健康状况日渐下降,为了大学生选择较好的纵跳激活方式和正确的纵跳训练方法,本研究采用文献资料法、实验法、数理统计法,通过比较17名大学生CMJ成绩和CMJS成绩实验前后数据的差异,分析不同方式纵跳产生的效果差异,探究不同方式纵跳对弹跳能力的效果。最后得出结论:1、11名男生CMJ与CMJS成绩符合正态性分布,经过配对t检验后显著性 < 0.05 ,说明男生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异,摆臂可以有效地提高纵跳运动成绩。2、6名女生CMJ与CMJS成绩符合正态性分布,经过配对t检验后显著性 < 0.05 ,说明女生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异。摆臂可以有效地提高纵跳成绩。3、独立样本t检验后,男生CMJ成绩与女生CMJ成绩有显著性差异,男生CMJS成绩与女生CMJS成绩有显著性差异。4、男生CMJ平均值高于女生14.49,男生SMJS平均值高于女生17.34,且后测平均值高于前测平均值2.85,表明男生使用摆臂后的增长空间比女生更大。

关键词

半蹲跳, 摆臂半蹲跳, 下肢爆发力

A Study of Lower Limb Explosiveness in 17 College Students: A Comparison of CMJ and CMJS Movements

Mengqiang Yu¹, Hongwei Zhao²

¹Department of Physical Education of Wenzhou University, Wenzhou Zhejiang

²Xuancheng No. 9 Primary School Physical Education Group, Xuancheng Anhui

Received: Dec. 13th, 2024; accepted: Feb. 10th, 2025; published: Feb. 24th, 2025

文章引用: 余梦强, 赵鸿玮. 17名大学生下肢爆发力研究: CMJ与CMJS动作的比较[J]. 体育科学进展, 2025, 13(1): 60-68. DOI: 10.12677/aps.2025.131009

Abstract

Vertical jumping is an important part of most sports, physical fitness assessment and national health test, and it is also an important indicator to reflect the explosive power of the lower limbs. By comparing the differences between the CMJ scores and the CMJS scores of 17 college students before and after the experiment, the differences in the effects of different vertical jumps were analyzed, and the effects of different vertical jumps on the bouncing ability were explored. Finally, it was concluded that: 1. The CMJ and CMJS scores of 11 boys were in a normal distribution, and the significance was <0.05 after paired t-test, indicating that there was a significant difference between the pre-test and post-test scores of boys' half-squat jump, and the swing arm could effectively improve the performance of vertical jumping. 2. The CMJ and CMJS scores of 6 girls conformed to a normal distribution, and the significance < 0.05 after paired t-test, indicating that there was a significant difference between the pre-test and post-test scores of the girls' half-squat jump. The swing arm can effectively improve the vertical jump performance. 3. After the t-test of independent samples, there was a significant difference between the CMJ scores of boys and girls, and there was a significant difference between the CMJS scores of boys and girls. 4. The average value of CMJ for boys was 14.49 for boys and 17.34 for girls, and the average value of post-test was higher than that of girls (2.85), indicating that boys had more room for growth than girls after using swing arms.

Keywords

Counter Movement Jump, Counter Movement Jump with Swing Arms, Explosive Power in the Lower Limbs

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

纵跳是发展下肢爆发性运动项目中经常被提到的, 用到的一种在短时间内表现出最大的力量和取得优异运动成绩的一种训练方式, 垂直弹跳能力的提高在一定程度上能对整体的运动成绩有至关重要的作用[1]。纵跳的高度是评价下肢爆发力的重要指标, 直到目前, 评定下肢爆发力的一般是原地纵跳、单腿助跑摸高、立定跳远、立定三级跳等简单的测试动作。原地纵跳分为下蹲跳(SJ), 半蹲跳(CMJ)、摆臂半蹲跳(CMJS)和其他方法[2]。运动员在发展下肢爆发力时根据项目的特点进行相应的跳跃练习[3], 如篮球运动员经常需要垂直纵跳进行上篮或扣篮, 半蹲跳的能力则在其中发挥了巨大的作用, 运动员可以结合动作模式通过 CMJ (半蹲跳)或者 CMJS (摆臂半蹲跳)训练来提高运动员下肢爆发力水平[4]。下肢爆发力不仅是绝大多数非周期运动项目的运动员最基本的重要素质, 同时也是体育专业大学生进行日常训练, 提升身体素质并取得良好运动成绩的基础[5]。本研究选用温州大学 23 体研的 17 位学生作为实验对象, 其中 11 名男生, 6 名女生。旨在通过澳大利亚 Swift EZEJump 无线垂直跳跃测试系统, 比较 CMJ 和 CMJS 两种纵跳方式对纵跳高度的影响, 通过比较 CMJ 成绩和 CMJS 成绩实验前后数据的差异。分析不同方式纵跳产生的效果差异, 探究不同方式纵跳对弹跳能力的效果, 为体育专业大学生选择较好的纵跳激活方式和正确的纵跳训练方法提供实验和数据依据。

2. 文献综述

2.1. 纵跳及其研究

2.1.1. 纵跳概念

纵跳是体育运动的基本动作之一, 主要用于测量运动表现, 是人体在中枢神经系统控制下, 通过身体各部位的协调配合, 发挥下肢肌群最大爆发力, 从而达到最佳纵跳效果的技术动作。纵跳也是大多数运动项目、体能评估以及全民健康测试的重要组成部分, 也是反映下肢肌肉力量的重要指标。其科学、合理、有效是运动员训练计划制定和爆发力发展的前提[6]。

2.1.2. 纵跳分类

(1) 半蹲跳(counter movement jump): 双脚与髋部同宽, 双手叉腰。开始跳跃时, 身体下蹲, 背部挺直, 髋关节屈曲, 膝关节屈曲 90 度。手臂用力上摆, 臀腿踝发力, 腾空后身体完全向上伸展, 收紧腹肌。下落时, 脚尖、脚跟依次着地。

(2) 下蹲跳(squat jump): 双脚与髋部同宽, 双手叉腰, 以半蹲姿势开始起跳, 尽自己最大力量向上垂直跳跃。

(3) 摆臂半蹲跳(counter movement jump with swing arms): 双脚与髋部同宽, 手臂上举过头顶。开始跳跃时, 手臂经由体前快速下摆, 背部挺直, 髋关节屈曲, 膝关节屈曲 90 度。手臂用力上摆, 臀腿踝发力, 配合摆臂用力向上跳跃, 腾空后身体完全向上伸展, 收紧腹肌。下落时, 脚尖、脚跟依次着地。

2.1.3. 纵跳研究现状

Hudson 等人把 20 个实验对象随机分成二组, 分别是 CMJ 和 CMJS, 目标是探讨纵向起跳时的切分协调方式, 以及对有动作经验的受试者的影响[7]。

李世民、刘学贞等学者对纵跳的理论发展作了初步探讨, 并分析了垂直跳跃划分原理与方法, 运动协调的表现形式, 能量的转化机理。运用数理统计与逻辑推理相结合的研究方法, 确立了不同生物力学因子对纵跳效果影响的理论模式[8]。

Maarten 等人研究了纵向弹跳的肌肉运动、动作方式与弹跳表现的关系, 有经验的跳高选手先做一个准备后跳, 然后记录下落地后的反应, 然后再做录像分析。此外, 对下肢肌肉的肌电活动、激活水平进行记录和分析。认为肌肉激活的模式顺序是上半身、上肢、下肢和脚, 只有在体段近端和远端垂直速度差按顺序达到峰值时, 才能满足这一要求[9]。

郭梁在美国某高校招募了 20 名受试对象, 采用 Vicon 动作捕捉系统和 AMTI 测力台同步采集这 20 名受试对象下蹲跳(CMJ)起跳过程运动学和动力学数据。采用躯干屈伸活动范围测试(TFE)、优势侧单腿站立测试(DLS)、优势侧单腿跳远测试(DLH)、躯干伸肌耐力测试(EE)、仰卧起坐测试(SU)和躯干力量测试(TS)来全面评价核心稳定性。采用多元线性回归法建立躯干力量和下蹲跳高度的预测方程。最后得出优势侧单腿跳远测试(DLH)与躯干力量具有重要关系。过大的躯干屈伸活动范围(TFE)可能会降低躯干伸肌力量, 运动训练中应处理好核心柔韧和核心力量之间的关系, 核心力量训练时应根据训练的目的选择动作的速度和姿势, 以确保核心力量训练的效率[10]。

闫霞在大学生原地纵跳下肢力量相关力学特征的初步研究一文中指出, 近几年全国大学生的多项身体素质出现不同程度的下降, 其中, 下肢力量作为走、跑、跳等各种活动的动力, 下降幅度较为明显, 因此实验选取首都体育学院体育系大学生 108 人(男 54 人, 女 54 人), 非体育大学生 92 人(男 41 人, 女 51 人)。在测力台上完成 CMJ、CJB 和 CJS 三个动作的测试, 对大学生的下肢力量各项指标特征进行了差异

性、相关性和回归预测的分析后得出下肢蹬伸力量在 CMJ 测试中与功率呈高度正相关, 与时间呈中度负相关, 其中, 男生还与起跳高度、离台瞬时速度相关。同时功率在 CMJ 测试中, 与起跳高度、蹬伸力值、时间、起跳初速度和快肌纤维比呈中度以上相关, 并且速度耐力与自愿努力指数呈中度以上相关; 功率疲劳指数与高度疲劳指数呈中度以上相关; 腿刚度与时间呈中度以上负相关[11]。

综上所述, 纵跳对于个人的运动能力是至关重要的, 它与运动员选材、不同项目运动训练、运动能力和成绩的提高以及机能评定、监测等方面都有着不可分割的联系。目前演讲热点都集中在力量训练等方面。并且已经有很多研究已经证实了负重抗阻训练对纵跳高度有增益效果, 纵跳训练对下肢力量以及爆发力也有明显的增益效果, 以及在科学研究中被作为评价下肢力量的重要指标, 纵跳在体育运动中的应用非常广泛, 同时用来评价大学生的基本运动能力具有显著的意义。

3. 研究对象和方法

3.1. 研究对象

通过随机抽样选取温州大学体育与健康学院 17 名学生为研究对象(年龄 23.64 ± 0.924)岁; 体重(67.27 ± 6.886) kg; 身高(172.36 ± 4.456) cm, 下肢及足部半年内无明显损伤。

3.2. 研究方法

3.2.1. 文献资料法

在中国知网、万方数据库及 Web of Science, 以检索词“半蹲跳”“下肢爆发力”“纵跳”搜集国内外的相关文献资料, 进行系统回顾和梳理。此外, 还从图书馆借阅了各个领域的相关书籍, 进行分析和总结, 为本研究提供理论依据。

3.2.2. 实验法

本研究以温州大学 23 体研 17 名大学生为实验对象, 分为实验组和对照组, 对 17 名实验对象通过澳大利亚 Swift EZEJump 无线垂直跳跃测试系统, 比较 CMJ 和 CMJS 两种纵跳方式对纵跳高度的影响, 通过比较 CMJ 成绩和 CMJS 成绩实验前后数据的差异。分析不同方式纵跳产生的效果差异, 探究不同方式纵跳对弹跳能力的效果。

3.2.3. 数理统计法

使用 SPSS Statistics 22 以及 Excel 软件等计算工具, 对实验数据进行计算、分析。使用独立样本 t 检验完成组间对比分析, 分析各组之间是否存在统计意义上的差异性; 使用配对样本 t 检验进行组内对比分析。分析各组实验数据在统计意义上的差异性。

3.3. 实验步骤和成绩

17 名同学依次在跳台进行半蹲跳和摆臂半蹲跳, 记录人员通过 EZEJump 记录其性别以及成绩, 监督人员在旁指导动作, 得出成绩后通过 SPSS27.0 进行正态分布检验、配对 t 检验及独立样本 t 检验分析, 进行归纳整理。

成绩如下:

男 CMJ (cm): 35.4、47.6、36.5、42.4、34、36.7、23.8、29.8、33.4、49.4、36.8

男 CMJS (cm): 38.4、51.6、40.4、46.4、40.5、43.8、35.1、35.9、43、54.4、46.2

女 CMJ (cm): 24.8、25.9、25.4、19.3、21、18

女 CMJS (cm): 31.8、31.8、31.5、20.5、21.7、18.1

3.4. 动作要求

(1) 半蹲跳(CMJ): 运动员双手叉腰以站立状态迅速下蹲至膝 90°左右并快速向上蹬地起跳(跳跃时近自身最大努力的向上垂直跳跃)。

(2) 摆臂半蹲跳(CMJS): 运动员在纵跳平台上站立位置, 蹲至膝 90°左右摆臂并快速向上蹬地起跳。如图 1:

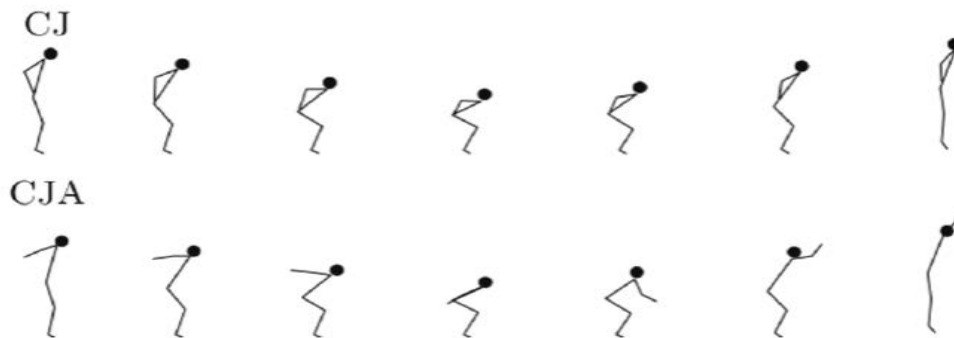


Figure 1. Schematic diagram of each stage of swing arm vertical jump and fork waist vertical jump
图 1. 摆臂纵跳和叉腰纵跳各个阶段动作示意图

4. 实验数据

4.1. 正态分布检验

Table 1. Normality test of CMJ and CMJS for boys

表 1. 男生 CMJ 与 CMJS 正态性检验

动作方式	统计	自由度	显著性
CMJ	0.232	11	0.1*
CMJS	0.182	11	0.200*

注: *表示显著性 0.05 以上呈现差异, 符合正态分布。

使用 SPSS27.0 对数据进行处理分析, 使用图表对男生数据进行正态性检验, 结果如表 1 所示。其 CMJ 与 CMJS 显著性 > 0.05 , 说明男生半蹲跳(叉腰与摆臂)基本符合正态分布。

Table 2. Normality test of CMJ and CMJS for girls

表 2. 女生 CMJ 与 CMJS 正态性检验

动作方式	统计	自由度	显著性
CMJ	0.26	6	0.200*
CMJS	0.307	6	0.08*

注: *表示显著性 0.05 以上呈现差异, 符合正态分布。

使用 SPSS27.0 对数据进行处理分析, 对女生数据进行正态性检验, 结果如表 2 所示。其 CMJ 与 CMJS 显著性 > 0.05 , 说明男生半蹲跳(叉腰与摆臂)基本符合正态分布。

4.2. 配对样本 t 检验

表 3 为男生配对样本统计量, 从表可以看出前测半蹲跳成绩的均值为 36.89 分, 后测摆臂半蹲跳均

值为 43.24 分, 后测均值比前测均值高出 6.35 分。表明在摆臂后改进下, 学生的纵跳成绩有大幅度的提升。为了进一步比较两次成绩是否达到统计学差异水平, 还需进行配对样本 T 检验, 见表 3。

Table 3. Statistics of paired samples of boys CMJ and CMJS

表 3. 男生 CMJ 与 CMJS 配对样本统计量

动作方式	平均值	标准差	标准误差平均值
CMJ	36.90	7.3900	2.22819
CMJS	43.25	6.10481	1.84067

Table 4. Correlation between boys' CMJ and CMJS paired samples

表 4. 男生 CMJ 与 CMJS 配对样本相关性

动作方式	个案数	相关性	显著性
CMJ & CMJS	11	0.935	0**

注: *表示显著性 0.05 以下呈现差异, **表示显著性在 0.01 下呈现差异。

由表 4 可以看出, 半蹲跳成绩与摆臂半蹲跳成绩的相关性为 0.935, 概率 P 值为 0, 在显著性水平下, 小于 0.05, 因此拒绝原假设, 说明他们存在显著的相关性, 适用于配对样本 T 检验。

Table 5. Paired sample test of boys' CMJ and CMJS

表 5. 男生 CMJ 与 CMJS 配对样本检验

t	自由度	标准差	显著性(双尾)
-7.69	10	2.74057	0**

注: *表示显著性 0.05 以下呈现差异, **表示显著性在 0.01 下呈现差异。

由表 5 可知, 半蹲跳成绩与摆臂半蹲跳成绩的配对 t 检验的 T 值为 -7.69, 概率 P 值为 0, 在显著性水平下, 小于 0.05。因此原假设, 认为男生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异。摆臂可以有效地提高纵跳运动成绩。

Table 6. Statistics of paired samples of female students CMJ and CMJS

表 6. 女生 CMJ 与 CMJS 配对样本统计量

动作方式	平均值	标准差	标准误差平均值
CMJ	22.4	3.40412	1.38972
CMJS	25.9	6.45941	2.63704

表 6 为女生配对样本统计量, 从表可以看出前测半蹲跳成绩的均值为 22.4 分, 后测摆臂半蹲跳均值为 25.9 分, 后测均值比前测均值高出 3.5 分。表明在摆臂后改进下, 学生的纵跳成绩有大幅度的提升。为了进一步比较两次成绩是否达到统计学差异水平, 还需进行配对样本 T 检验, 见表 6。

Table 7. Correlation between paired samples of girls' CMJ and CMJS

表 7. 女生 CMJ 与 CMJS 配对样本相关性

动作方式	个案数	相关性	显著性
CMJ & CMJS	6	0.987	0**

注: *表示显著性 0.05 以下呈现差异, **表示显著性在 0.01 下呈现差异。

由表 7 可以看出, 半蹲跳成绩与摆臂半蹲跳成绩的相关性为 0.987, 概率 P 值为 0, 在显著性水平下, 小于 0.05, 因此拒绝原假设, 说明他们存在显著的相关性, 适用于配对样本 T 检验。

Table 8. Paired sample test of CMJ and CMJS for girls

表 8. 女生 CMJ 与 CMJS 配对样本检验

t	自由度	标准差	显著性(双尾)
-2.762	5	3.14516	0.041*

注: *表示显著性 0.05 以下呈现差异, **表示显著性在 0.01 下呈现差异。

由表 8 可知, 半蹲跳成绩与摆臂半蹲跳成绩的配对 t 检验的 T 值为-2.762, 概率 P 值为 0.041, 在显著性水平下, 小于 0.05。因此原假设, 认为女生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异。摆臂可以有效的提高纵跳成绩。

4.3. 独立样本 t 检验

Table 9. Independent T test of CMJ between boys and girls

表 9. 男生与女生 CMJ 独立 T 检验

t	自由度	显著性(双尾)	平均值	指标
4.499	15	0**	36.8909	假定等方差
5.518	14.811	0**	22.4000	不假定等方差

注: *表示显著性 0.05 以下呈现差异, **表示显著性在 0.01 下呈现差异。

由表 9 可知, 独立样本 t 检验后, 男生和女生 CMJ 的学生成绩在 0.05 显著性水平下呈现差异, 平均值男生高于女生 14.49, 说明男生 CMJ 成绩与女生 CMJ 成绩有显著性差异。

Table 10. Independent T test of CMJS between boys and girls

表 10. 男生与女生 CMJS 独立 T 检验

t	自由度	显著性(双尾)	平均值	指标
5.49	15	0**	43.2455	假定等方差
5.394	9.886	0**	25.9000	不假定等方差

注: *表示显著性 0.05 以下呈现差异, **表示显著性在 0.01 下呈现差异。

由表 10 可知, 独立样本 t 检验后, 男生和女生 CMJS 的学生成绩在 0.05 显著性水平下呈现差异, 平均值男生高于女生 17.34, 说明男生 CMJS 成绩与女生 CMJS 成绩有显著性差异。

5. 分析与讨论

5.1. 分析

经过上述的研究与分析, 我们可以得出:

1、11 名男生 CMJ 与 CMJS 成绩符合正态性分布, 经过配对 t 检验后显著性 < 0.05, 说明男生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异。摆臂可以有效地提高纵跳运动成绩。有利于下肢爆发力的发挥, 在平时训练以及运动中, 应多练习摆臂半蹲跳。

2、6 名女生 CMJ 与 CMJS 成绩符合正态性分布, 经过配对 t 检验后显著性 < 0.05, 说明女生半蹲跳

前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异。摆臂可以有效地提高纵跳成绩。多进行摆臂训练有利于提高运动成绩。

3、独立样本 t 检验后, 男生和女生 CMJ 的学生成绩在 0.05 显著性水平下呈现差异, 说明男生 CMJ 成绩与女生 CMJ 成绩有显著性差异。独立样本 t 检验后, 男生和女生 CMJS 的学生成绩在 0.05 显著性水平下呈现差异, 说明男生 CMJS 成绩与女生 CMJS 成绩有显著性差异。

4、男生 CMJ 平均值高于女生 14.49, 男生 SMJS 平均值高于女生 17.34, 且后测平均值高于前测平均值 2.85, 说明不但前测与后测成绩男生优于女生, 且经过后测(摆臂)男生成绩增加值也高于女生, 表明男生使用摆臂后比女生增长空间比女生更大。

5.2. 讨论

纵跳是评价下肢爆发力的重要指标, 大学生想要提高身体素质以及运动成绩就要相应地提高纵跳高度, 比较 CMJ 和 CMJS 两种纵跳方式对纵跳高度的影响, 不同方式纵跳产生的效果有很大的差异, 摆臂半蹲跳的高度明显要高于不摆臂半蹲跳的高度, 所以在运动中要发挥上肢的作用。

6. 结论与建议

6.1. 结论

11 名男生 CMJ 与 CMJS 成绩符合正态性分布, 经过配对 t 检验后显著性 < 0.05 , 说明男生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异, 摆臂可以有效地提高男生纵跳运动成绩。6 名女生 CMJ 与 CMJS 成绩符合正态性分布, 经过配对 t 检验后显著性 < 0.05 , 说明女生半蹲跳前测成绩与后测成绩之间存在显著的差异。摆臂可以有效地提高女生纵跳成绩。独立样本 t 检验后, 男生 CMJ 成绩与女生 CMJ 成绩有显著性差异, 男生 CMJS 成绩与女生 CMJS 成绩有显著性差异。男生 CMJ 平均值高于女生 14.49, 男生 SMJS 平均值高于女生 17.34, 且后测平均值高于前测平均值 2.85, 表明男生使用摆臂后的增长空间比女生更大, 因此大学生提高纵跳运动成绩, 提高下肢爆发力, 采用摆臂的方式更佳。

6.2. 建议

本实验存在一定的局限性, 样本量较少, 只有 17 名体育专业大学生, 只测了一次数据, 且男生女生样本量不一致。没有采用摄影仪器对测试人员的下蹲角度进行测量, 不知前测后测是否下蹲角度一致。建议后期扩大样本量并采用更加精密的仪器进行身体角度的测量, 增加实验次数, 探究摆臂到身体哪个位置更有利弹跳, 以便于更精确地观察起跳上肢姿势对纵跳成绩的影响。

参考文献

- [1] Feltner, M.E., Frascchetti, D.J. and Crisp, R.J. (1999) Upper Extremity Augmentation of Lower Extremity Kinetics during Countermovement Vertical Jumps. *Journal of Sports Sciences*, **17**, 449-466. <https://doi.org/10.1080/026404199365768>
- [2] 何玲. 不同方式纵跳激活及训练效果的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都体育学院, 2023.
- [3] 巨鑫. 起跳姿势控制训练对初中男生立定跳远成绩的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都体育学院, 2022.
- [4] 张鑫. 男女运动员在自由纵跳和控制高度跳深动作中的下肢生物力学比较研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海体育学院, 2023.
- [5] 许钦宇, 曲峰. 通过男性大学生 SJ 和 CMJ 两个动作的下肢肌电评价爆发力研究[C]//中国体育科学学会. 第十二届全国体育科学大会论文摘要汇编. 北京: 北京体育大学, 2022: 165-166.
- [6] Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. and Cardinale, M. (2004) Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **18**, 551-555.

<https://doi.org/10.1519/00124278-200408000-00028>

- [7] Hudson, J.L. (1986) Coordination of Segments in the Vertical Jump. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **18**, 242-250. <https://doi.org/10.1249/00005768-198604000-00015>
- [8] 李世明, 刘学贞. 纵跳理论研究进展[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(1): 65-67, 70.
- [9] Rodacki, A.L.F., Fowler, N.E. and Bennett, S.J. (2002) Vertical Jump Coordination: Fatigue Effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **34**, 105-116. <https://doi.org/10.1097/00005768-200201000-00017>
- [10] 郭梁. 核心稳定性与下蹲跳的关系及其生物力学研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海体育学院, 2020.
- [11] 闫霞. 大学生原地纵跳下肢力量相关力学特征的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都体育学院, 2016.