

# 跳深练习最佳下落高度不同评价方法的对比研究

程兴业, 周爱国

(北京体育大学 体能训练学院, 北京 100084)

**摘要:** 跳深练习最佳下落高度的确定在跳深训练负荷的精细化、个性化控制中至关重要。结合最新研究进展, 对最佳下落高度的评价方法进行对比, 认为最大下蹲跳高度百分比法适合运动水平较低且测试器材有限的群体, 使运动员在不降低跳深运动表现的情况下降低下肢损伤风险; 对训练负荷强度的精确性有较高要求的个体, 当其训练目标对触地时间与跳起高度有较高要求时, 建议使用反应力量指数法; 最大输出功率法、最大纵跳高度法可能导致触地时间的延长, 降低跳深练习的运动表现。指出, 教练员应密切结合专项特点及运动项目技术动作的专项特征选择跳深练习最佳下落高度的评价方法, 今后研究应将重点集中于训练研究。

**关键词:** 跳深; 最佳下落高度; 运动表现; 评价方法

**中图分类号:** G808.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1008-3596 (2021) 02-0083-07

跳深练习的起始下落高度是决定跳深练习负荷强度的重要因素。训练实践中, 主要通过改变下落高度来调整跳深训练的负荷强度刺激<sup>[1-2]</sup>, 其过高或过低均不利于最佳运动表现的产生。因此, 跳深练习最佳下落高度的确定在跳深训练负荷的精细化、个性化控制中至关重要。以往研究中, 最佳下落高度主要通过以下4种评价方法确定: 反应力量指数法 (Reactive Strength Index method, RSI method)、最大输出功率法 (Maximum Power Output method, MPO method)、最大纵跳高度法 (Maximum Drop Jump Height method, MDJH method) 和最大下蹲跳高度百分比法 (Percentage of Maximum Countermovement Jump Height method, PMCJH method)。然而, 现有研究主要对各方法确定的最佳下落高度的动力学及运动学指标进行独立探讨, 缺乏各方法间的横向比较, 究竟何种评价方法确定的最佳下落高度更有利于运动表现尚未明确, 难以为

跳深练习的使用者提供更加有效的选择建议。因此, 本研究以跳深运动表现为切入点, 以大量相关研究成果为基础, 梳理和对比跳深练习最佳下落高度不同确定方法在运动表现、操作难易程度等方面的异同, 以期教练员在下落高度评价方法的选择上提供理论参考。

## 1 不同评价方法间运动表现衡量标准的对比

跳深练习中, 能够使受训个体产生最佳运动表现的下落高度, 称为该个体跳深练习的最佳下落高度<sup>[3]</sup>。然而, 不同个体在使用跳深进行训练时目标不同 (如追求最大反弹跳起高度或最大反应力量指数), 其衡量运动表现的标准也就不一样, 所要选择的最佳下落高度的确定方法就不同。因此, 明确各方法对最佳运动表现的判断标准是选择适宜下落高度确定方法的前提条件。

RSI method、MPO method、MDJH method

**收稿日期:** 2020-09-18

**作者简介:** 程兴业 (1994—), 男, 山东临沂人, 在读硕士, 研究方向为力量与体能训练。

**文本信息:** 程兴业. 跳深练习最佳下落高度不同评价方法的对比研究[J]. 河北体育学院学报, 2021, 35 (2): 83-89.

分别以能够表现出个体最大反应力量指数、最大输出功率和最大纵跳高度的下落高度作为受试者的最佳下落高度<sup>[2,4-10]</sup>,上述3种方法间运动表现衡量标准的对比即反应力量指数、输出功率和纵跳高度与跳深表现之间的关系的对比。纵跳高度即跳深练习中初次触地后垂直纵跳的腾空高度<sup>[6]</sup>,其计算公式为<sup>[11]</sup>:  $JH = (\text{gravity} \times \text{flight time})^2 / 8$ ,其中  $\text{gravity} = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。骨骼肌最大输出功率(Maximal Power Output)则是指骨骼肌收缩做功时在单位时间内所做的功的最大值,也可指动作完成过程中施力大小与动作速度的乘积最大值,起跳阶段输出功率计算公式为<sup>[11-12]</sup>:  $\text{power output} = g^2 T_f \cdot T_t / (4 \cdot T_c)$  [W·KG-1]。其中,g代表重力加速度, $T_f$ 表示腾空时间, $T_c$ 表示触地时间, $T_t$ 表示总时间。研究表明,最佳功率负荷力量训练在兼顾速度和力量的同时,可实现输出功率的最大化,有效刺激机体,提高机体最大功率的输出能力<sup>[13]</sup>。反应力量指数(RSI)指运动员承受牵拉负荷时从离心肌肉动作迅速转换为向心肌肉动作的能力<sup>[14]</sup>,常用计算公式为<sup>[8,15]</sup>:  $\text{RSI} = \text{jump height} / \text{contact time}$  (跳跃高度/触地时间)。在进行跳深练习时为运动员提供反应力量指数的及时反馈,可以促使个体在有意识地控制触地时间的前提下提高纵跳高度,以达到反应力量指数的最大值,从而挖掘运动员离心到向心的转换过程的最大潜力,提高跳深练习的训练效果。而PMCJH method无明确的运动表现评价标准,仅利用运动员下蹲跳最大高度(Maximum Countermovement Jump Height)的百分比(如75%、100%)作为跳深练习的起始下落高度<sup>[16-19]</sup>,因此PMCJH method不在该部分的讨论范围之内。

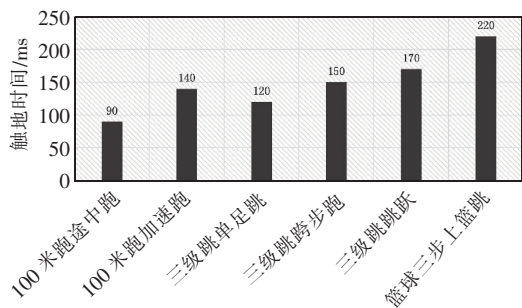


图1 专项技术动作的触地时间

在对不同评价方法间的运动表现衡量标准进

行对比时,需考虑专项特征。运动项目不同、专项技术动作的特点不同,跳深练习的训练目标也不尽一致。如图1所示,不同技术动作对触地时间的要求并不相同,如三级跳和篮球的三步上篮跳,需要在较短的触地时间内完成起跳<sup>[20]</sup>,此类动作以反应力量指数作为运动表现衡量标准更为恰当<sup>[21]</sup>;同样,短跑运动员在速度保持阶段也表现出较小的触地时间<sup>[22-23]</sup> (<100 ms),为提高最大速度的辅助训练手段也应严格控制触地时间。而另一方面,某些技术动作需要以触地时间的相对延长为代价以获得最大纵跳高度或最大功率输出,如CMJ、100 m跑的加速跑阶段<sup>[20,23]</sup>,此类型的技术动作似乎应以最大纵跳高度和最大功率输出作为运动表现评价标准。然而,有研究表明<sup>[24]</sup>,以最大纵跳高度为目标的跳深练习及测试,随着下落高度的增加,其采用的跳深技巧逐渐过渡为Countermovement Drop Jump,即着地阶段髌、膝屈曲幅度逐渐增大,缓冲时间延长,同时牵张反射强度降低导致蹬伸阶段时间延长;而纵跳高度代表了运动员发挥功率的能力<sup>[25]</sup>,即纵跳高度越高,输出功率就越大,以最大输出功率作为跳深练习的目标,其本质上与最大纵跳高度无异。因此对于对触地时间和腾空高度有要求的技术动作,以最大纵跳高度和最大输出功率为跳深练习运动表现衡量标准似乎与其专项特征相违背,不宜采用MDJH method和MPO method作为跳深练习最佳下落高度的评价方法。

考虑到设计跳深练习的最初目的——使运动员在缓冲阶段能够发挥出最大力量,同时不降低离心至向心的转换速度,从而提高运动员的反应能力(Reactive Ability)<sup>[26]</sup>,本文认为,对于对触地时间有严格要求的专项技术动作,使用反应力量指数作为跳深练习最佳下落高度的衡量标准更符合专项特点,更加贴合跳深练习的设计目的,能够衡量机体离心肌肉动作迅速转换为向心肌肉动作的能力。对于此类项目的跳深练习,推荐使用RSI method确定运动员的跳深最佳下落高度。

## 2 不同评价方法间触地时间的对比

在对最佳下落高度的不同确定方法进行对比时,需明确触地时间对于跳深练习的重要意义<sup>[27-28]</sup>: ①触地时间越短,施加于肌肉肌腱复

合体的负荷强度越大；②肌梭的牵张反射主要取决于离心牵拉负荷的速度<sup>[29]</sup>，触地时间越短离心牵张速度就越快，肌肉反射性收缩的强度越大；反之牵张反射的强度减弱，同时储存的弹性势能转化为热能<sup>[30]</sup>，使向心收缩时可利用的部分减少，肌张力下降，降低跳深的运动表现。因此，在选择或改变跳深练习的初始下落高度时，应充分考虑触地时间的情况。

表 1 不同方法确定的个体最佳下落高度的跳深触地时间

| 下落高度<br>确定方法    | 年份   | 作者                                | 研究对象                 | 年龄/岁                   | 触地时间                                       |
|-----------------|------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------------|
| RSI<br>method   | 2019 | R. W. Schuster 等 <sup>[31]</sup>  | 11 名身体健康且身体活跃男性      | 30±5                   | ≈200 ms                                    |
|                 | 2010 | P. J. Byrne 等 <sup>[6]</sup>      | 积极参加体育运动的男性大学生       | 20.8±4                 | —                                          |
|                 | 1999 | W. B. Young 等 <sup>[24]</sup>     | 35 名至少有 1 年跳跃运动经历的男性 | 19—34                  | ≈175 ms                                    |
| PMCJH<br>method | 2019 | H-T Peng 等 <sup>[4]</sup>         | 大学排球校队男子一级运动员        | 22±2                   | ≈260 ms                                    |
|                 | 2017 | H-T Peng 等 <sup>[5]</sup>         | 男子三级运动员              | 23.3±4.6               | ≈400 ms                                    |
| MDJH method     | 2010 | P. J. Byrne 等 <sup>[6]</sup>      | 积极参加体育运动的男性大学生       | 20.8±4                 | —                                          |
| MPO<br>method   | 2016 | R. D. Giminiiani 等 <sup>[2]</sup> | 积极参加体育运动的大学生         | 男 22±0.41<br>女 22±0.43 | 210—250 ms                                 |
|                 | 2015 | M. S. Matic 等 <sup>[9]</sup>      | 积极参加体育运动的男性大学生       | 20.36±1.3              | 有力量训练经历的<br>≈200 ms<br>无力量训练经历的<br>≈210 ms |
|                 | 2012 | M. Marina 等 <sup>[12]</sup>       | 训练有素的男女体操运动员         | 男 18±4.29<br>女 11±1.86 | 男 ≈150 ms<br>女 ≈220 ms                     |

Schmidtbleicher<sup>[32]</sup> 按照触地时间的长短将 SSC 分为快速和慢速两类，规定快速 SSC（如三级跳、跳深）的触地时间≤250 ms。由表 2 可知，PMCJH method 的触地时间>250 ms，高于 RSI method 和 MPO method，而 MDJH method 的触地时间尽管没有明确表明，但 Young 的研究<sup>[24]</sup> 认为，以增大跳深最大纵跳高度为目标的测试，随着下落高度的逐渐提高，采用的跳深技巧逐渐过渡为 Countermovement Drop Jump，其着地阶段髌、膝屈曲幅度逐渐增大，缓冲时间延长；同时牵张反射强度降低导致蹬伸阶段时间延长，进而整个跳深过程的触地时间与 RSI method 的触地时间相比有所增加。因此有理由认为，使用 PMCJH method 和 MDJH method 确定的跳深最佳下落高度进行跳深练习，其触地时间大于另外两种方法。

Walsh M<sup>[21]</sup> 指出，不论下落高度如何，只有当同时强调受试者的触地时间和反弹跳跃高度（即尽可能快且高地起跳）时功率输出最大，触地时间过长或过短都不利于跳深的表现。如前所述，RSI method 以表现出运动员的最大反应力

量为目的，要求运动员在最短时间内达到最大起跳高度；由于 RSI 指数表现为跳起高度与触地时间的比值，为提高测试中 RSI 指数的数值，跳起高度和触地时间都需要被控制<sup>[27]</sup>，因此在对触地时间的要求上，RSI method 较 MPO method 高。然而，仅根据现有资料对二者确定的最佳下落高度的触地时间进行对比，无法得出明确的结论。

本文根据现有资料分析，很难对 4 种方法的触地时间进行科学、严格的鉴定和对比，其可能原因如下：①实验中所使用的受试者运动背景差距较大，受试者所接受的训练不同，运动能力差异明显；②不同实验中尽管采取的跳深技巧都为 Bounce Drop Jump，但由于对受试者触地时间的要求标准不一致——有的实验<sup>[6]</sup> 中要求触地时间的标准为 250 ms 以内，而有的实验中<sup>[12]</sup> 该标准为 400 ms，由此，最终得到的触地时间结果差异较大，如使用 PMCJH method 进行研究的实验<sup>[5]</sup> 中，尽管其受试者为高水平运动员，但其跳深时的触地时间为 400 ms 左右，这种差异或许与上述标准不一致有关。

### 3 不同评价方法测试过程难易程度的比较

通过 RSI method、MDJH method、MPO method 得出的最佳下落高度更加精确、个性化程度更高,然而在实操过程中,教练员必须根据现实情况考虑各方法所需要的时间成本和经济成本。

表2 不同方法测试过程所需器材及难易程度对比

| 下落高度评价方法     | 所需器材               | 难易程度 |
|--------------|--------------------|------|
| RSI method   | 测力台、渐增高度的跳箱        | 复杂   |
| MDJH method  | 测力台、渐增高度的跳箱        | 复杂   |
| MPO method   | 测力台/motion、渐增高度的跳箱 | 复杂   |
| PMCJH method | 测力台                | 简单   |

RSI method、MPO method、MDJH method 分别以能够表现出最大反应力量指数、最大输出功率和最大纵跳高度的下落高度作为受试者的最佳下落高度,因此,测试器材必须包括多个高度的跳箱或台阶(通过多级下落高度进行跳深测试,测试结果更为准确<sup>[8]</sup>),且相邻跳箱间的高度差不超过 10 cm<sup>[6]</sup>。由于每个高度需要受试者跳深 3 次取最大值,再加上不同高度间的间歇时间约为 1—1.5 min,同一高度下次与次之间间隔约 30 s,当运动队人数较多时,该测试过程耗时过长,而且随着训练过程的推移以及运动员训练水平的提高,需要不断地对提高了的运动表现进行测量,时间成本高且工作繁杂<sup>[7]</sup>。而 PMCJH method 仅需 3 次下蹲跳(CMJ)即可,整个过程耗时短、步骤少、操作简便;此外,根据反应力量指数、输出功率和纵跳高度的计算公式可知,测力台必不可少,而 MPO method 中为提高测试的信度和效度,可能需要使用更加精密和昂贵的 motion 在实验室中完成对输出功率的测试<sup>[33]</sup>,进一步增加了实践中应用该方法的难度和成本。

在跳深练习最佳下落高度的 4 种评价方法中,PMCJH method 的操作流程相对简捷。该方法仅使用测力台、通过测量受试者的最大 CMJ 高度并根据以往研究成果确定运动员跳深练习所使用下落高度的范围(50%—100%最大下蹲跳高度<sup>[4]</sup>),所需器材少、操作更加便捷,且该方法根据运动员的个人能力(最大纵跳高度)来选择下落高度,与固定高度跳深练习相比

在一定程度上满足了负荷强度的个性化需求;与此同时,该设计方法的出发点是避免下肢承受的负荷过大,降低损伤风险(超过 100%最大下蹲跳高度会导致跳深时的落地冲量和踝、膝关节的负功显著增加)<sup>[4]</sup>,因此对于体育爱好者和低水平运动员等对跳深练习的负荷强度要求不高的群体来说,在缺少高精度测试器材的情况下,该方法也能够提供相对科学的参考依据并降低由下落高度选择不当带来的损伤风险。然而,该方法仅根据最大 CMJ 高度为受试者提供了跳深练习最佳下落高度的大致范围(表 3),其精确性较其他 3 种方法仍有不足;后续针对 PMCJH method 的研究应着重探讨不同年龄阶段、不同训练背景的人群其适宜下落高度的下蹲跳高度百分比,提高该方法下下落高度的预测精度。

表3 不同方法得到的最佳下落高度

| 下落高度<br>确定方法    | 研究对象                                  | 最佳下落高度                           |
|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| RSI method      | 积极参加体育运动<br>的男性大学生<br>(20.8±4 岁)      | 0.31 m                           |
|                 | 35 名至少有 1 年跳跃<br>运动经历的男性<br>(19—34 岁) | 0.3 m                            |
| PMCJH<br>method | 大学排球校队男子<br>一级运动员<br>(22±2 岁)         | 23.1—46.2 cm<br>(50%—100%MCJH)   |
|                 | 男子三级运动员                               | <31.6±4.8 cm<br>(<75%MCJH)       |
| MDJH<br>method  | 积极参加体育运动<br>的男性大学生<br>(20.8±4 岁)      | 0.4 m                            |
| MPO method      | 积极参加体育<br>运动的大学生                      | 0.4 m                            |
|                 | 积极参加体育运动<br>的男性大学生<br>(20.36±1.3 岁)   | 有力量训练经历:0.62 m<br>无力量训练经历:0.32 m |
|                 | 训练有素的男女<br>体操运动员                      | 男:0.4 m<br>女:0.2 m               |

### 4 不同评价方法的训练研究对比

研究跳深练习最佳下落高度评价方法的最终

目的,是为不同专项运动员提供科学的、符合其训练目标的跳深下落高度,从而最大程度地提高运动表现。因此,究竟哪种下落高度评价方法对运动员的何种运动表现的促进作用更大,通过训练研究并进行训练效果的对比能够得出更有力的结论。

然而,目前使用由不同方法确定的最佳下落高度进行跳深训练并对训练效果进行对比分析的研究还较少。Byren<sup>[6]</sup>分别使用RSI method和MDJH method确定的个体最佳下落高度进行为期8周的跳深训练,并对比两种方法对运动表现的作用效果。通过训练前后跳深运动表现指标——RSI指数、纵跳高度的对比,认为使用MDJH method确定的个体最佳下落高度进行跳深练习对RSI的提高幅度更大。然而,该结论与前人研究结果不一致。本文认为其可能的原因在于,8周的训练过程中仅增加了训练的负荷量(跳深练习的次数和组数),而没有相应地提高运动员的跳深训练的负荷强度,整个训练过程中下落高度始终不变,使得运动员的能力没有逐步提升;另外,研究中根据个体最大纵跳高度确定的最佳下落高度比根据RSI指数确定的高度高至少10 cm<sup>[6]</sup>,经8周训练后,个体由于跳跃能力的提升和跳深技巧的优化,会在更高的下落高度(即通过MDJH method确定的下落高度)中表现出更大的RSI,从而表现为MDJH method对RSI的提高更有效。因此,后续研究在进行跳深训练的研究时,需要同时关注负荷量及负荷强度的递增,使训练计划的设计更加严谨和科学。

此外,Ramirez<sup>[7]</sup>使用固定高度(30 cm)和RSI method确定的最佳下落高度分别对10—15岁青少年足球运动员进行为期7周的跳深训练,通过对比受试者训练前后的跳跃能力(CMJ、五级跳)、变向能力(伊利诺斯测试)、力量(反应力量、深蹲5RM)、耐力(2.4 km计时跑)以及踢的能力(最远踢球距离)等专项运动素质,推荐使用RSI method确定的最佳下落高度进行跳深练习,以提高超等长训练效果。该研究结合各专项运动素质对跳深训练效果进行评价的思路值得借鉴。

## 5 结论与建议

在跳深练习最佳下落高度评价方法中,PM-CJH method(50%—100%最大下蹲跳高度)比

较适合运动水平较低且测试器材有限的群体,该方法可以让运动员在不降低跳深运动表现的情况下降低下肢损伤风险;对于精英运动员——对训练负荷强度的精确性有较高要求的个体,当其训练目标对触地时间与跳起高度有较高要求时,建议使用RSI method来确定跳深练习的最佳下落高度,尽管其测试过程较为复杂,对测试器材的要求相对较高,却能够为运动员的跳深负荷提供个性化选择,提高训练效率。而MPO method、MDJH method可能导致触地时间的延长,降低跳深练习的运动表现。

跳深作为一项重要的爆发力训练手段,其训练负荷强度的精准性和科学性也应满足运动员日益增长的个性化需求。教练员在选择跳深练习作为提高运动表现的辅助手段时,应提高下落高度的个性化程度,密切结合专项特点及运动项目技术动作的专项特征选择跳深练习最佳下落高度的评价方法。

后续针对跳深练习最佳下落高度评价方法的研究应将重点集中于训练研究,即使用不同方法确定的最佳下落高度进行跳深训练,并结合不同项目的动作特点,更加系统地对训练前后不同评价方法对运动表现评价指标(如反应力量、输出功率、纵跳高度、触地时间等)及专项运动素质的影响,为不同专项跳深练习最佳下落高度的选择提供更加科学的参考意见。

## 参考文献:

- [1] PENG H-T, KERNOSZEK T W, SONG C-Y. Quadriceps and hamstring activation during drop jumps with changes in drop height[J]. *Phys Ther Sport*, 2011, 12(3): 127.
- [2] GIMINIANI R D, PETRICOLA S. The power output-drop height relationship to determine the optimal dropping intensity and to monitor the training intervention[J]. *J Strength Cond Res*, 2016, 30(1): 117.
- [3] LEES A, FAHMI E. Optimal drop heights for plyometric training[J]. *Ergonomics*, 1994, 37(1): 141.
- [4] PENG H-T, SONG C-Y, WALLACE B, et al. Effects of relative drop heights of drop jump biomechanics in male volleyball players[J]. *Int J Sports Med*, 2019, 40(13): 863.
- [5] PENG H-T, KHUAT C T, KERNOSZEK T W, et

- al. Optimum drop jump height in division III athletes; under 75% of vertical jump height[J]. *Int J Sports Med*, 2017, 38(11): 842.
- [6] BYRNE P J, MORAN K, RANKIN P, et al. A comparison of methods used to identify 'optimal' drop height for early phase adaptations in depth jump training[J]. *J Strength Cond Res*, 2010, 24(8): 2050.
- [7] RAMIREZ-CAMPILLO R, ALVAREZ C, GARCÍA-PINILLOS F, et al. Optimal reactive strength index: is it an accurate variable to optimize plyometric training effects on measures of physical fitness in young soccer players? [J]. *J Strength Cond Res*, 2018, 32(4): 885.
- [8] BYRNE D J, BROWNE D T, BYRNE P J, et al. The inter-day reliability of reactive strength index and optimal drop height[J]. *J Strength Cond Res*, 2016, 31: 1.
- [9] MATIC M S, PAZIN N R, MRDAKOVIC V D, et al. Optimum drop height for maximizing power output in drop jump: The Effect of Maximal Muscle Strength [J]. *J Strength Cond Res*, 2015, 29(12): 3300.
- [10] BYRNE P J, KENNY J, O'ROURKE B. Acute potentiating effect of depth jumps on sprint performance[J]. *J Strength Cond Res*, 2014, 28(3): 610.
- [11] BOSCO C, LUHTANEN P, KOMI P V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1983, 50(2): 273.
- [12] MARINA M, JEMNI M, RODRÍGUEZ F A, et al. Plyometric jumping performances of male and female gymnasts from different heights [J]. *J Strength Cond Res*, 2012, 26(7): 1879.
- [13] BAKER D G, NEWTON R U. Adaptations in upper-body maximal strength and power output resulting from long-term resistance training in experienced strength-power athletes [J]. *J Strength Cond Res*, 2006, 20(3): 541.
- [14] NEWTON R U, DUGAN E. Application of Strength Diagnosis [J]. *Strength Cond J*, 2002: 10.
- [15] HEALY R, KENNY I C, HARRISON A J. Reactive strength index: a poor indicator of reactive strength? [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 2018, 13(6): 802.
- [16] WEINHANDL J T, IRMISCHER B S, SIEVERT Z A. Sex differences in unilateral landing mechanics from absolute and relative heights[J]. *Knee*, 2015, 22(4): 298.
- [17] NORDIN A D, DUFEK J S. Lower extremity variability changes with drop-landing height manipulations [J]. *Res Sports Med*, 2017, 25(2): 144.
- [18] WEINHANDL J T, JOSHI M, O'CONNOR K M. Gender comparisons between unilateral and bilateral landings[J]. *J Appl Biomech*, 2010, 26(4): 444.
- [19] McCAULLEY G O, CORMIE P, CAVILL M J, et al. Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2007, 101(1): 115.
- [20] MIURA K, YAMAMOTO M, TAMAKI H, et al. Determinants of the abilities to jump higher and shorten the contact time in a running 1-legged vertical jump in basketball[J]. *J Strength Cond Res*, 2010, 24(1): 201.
- [21] WALSH M, ARAMPATZIS A, SCHADE F, et al. The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force[J]. *J Strength Cond Res*, 2004, 18(3): 561.
- [22] 孙为民, 王国强. 着地缓冲对我国男子短跑途中跑技术的影响[J]. *北京体育大学学报*, 2008(3): 425.
- [23] 姜自立, 苑廷刚. 2017年全运会男子100m决赛运动员关键技术特征研究[J]. *中国体育科技*, 2018, 54(6): 109.
- [24] YOUNG W B, WILSON G J, BYRNE C. A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance[J]. *Int J Sports Med*, 1999(20): 295.
- [25] CARLOCK J M, SMITH S L, HARTMAN M J, et al. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach[J]. *J Strength Cond Res*, 2004, 18(3): 534.
- [26] BOBBERT M F. Drop jumping as a training method for jumping ability[J]. *Sports Med*, 1990, 9(1): 7.
- [27] FLANAGAN E P, COMYNS T M. The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training[J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2008, 30(5): 32.
- [28] TURNER A N, JEFFREYS I. The stretch-short-

- ening cycle; proposed mechanisms and methods for enhancement[J]. *Strength Cond J*, 2010, 32(4): 87.
- [29] BOBBERT M F, HUIJING P A, van INGEN SCHENAU G J. Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1987, 19(4): 332.
- [30] 史绍蓉. 决定超等长训练效果的因素[J]. *体育科学*, 1996, 16(3): 35.
- [31] SCHUSTER R W, PATERNOSTER F K, SEIBERL W. High-density electromyographic assessment of stretch reflex activity during drop jumps from varying drop heights[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2020, 50: 102375.
- [32] RYAN C E. The Encyclopedia of sports medicine [J]. *Reference Reviews*, 2005, 19(8): 40.
- [33] PENG H-T. Changes in biomechanical properties during drop jumps of incremental height[J]. *J Strength Cond Res*, 2011, 25(9): 2510.

## A Comparative Study on Different Evaluation Methods of the Best Falling Height in Drop Jump Training

CHENG Xingye, ZHOU Aiguo

(Institute of Physical Training, Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** The determination of the best falling height is very important in the fine and personalized control of the load in drop jump training. Combined with the latest research progress, this paper compares the evaluation methods of the best fall height, and considers that Percentage of Maximum Countermovement Jump Height method is suitable for the group with low sports level and limited test equipment, so that the athletes can reduce the risk of lower limb injury without reducing the performance of drop jump. For the individuals who have higher requirements on the accuracy of training load intensity, it is suggested to use Reactive Strength Index method when their training objectives have higher requirements on touchdown time and jump height. Maximum Power Output method and Maximum Drop Jump Height method may lead to the extension of touchdown time and reduce the performance of drop jump. It is pointed out that the coaches should select the evaluation method of the best falling height of drop jump training in close combination with the special characteristics of special events and technical movements, and the future research should focus on training research.

**Key words:** drop jump; the best fall height; sports performance; evaluation method