第 34 卷　第 3 期　　河 北 体 育 学 院 学 报　　Vol. 34　No. 3
2020 年 5 月　　Journal of Hebei Sport University　　May. 2020

快速伸缩复合训练对大学生篮球运动员上下肢爆发力的影响效果研究

车同同[1]，李志远[2]，王　硕[3]，宋彦梁[4]，杨铁黎[1]

（1. 首都体育学院，北京　100191；2. 福建师范大学 体育科学学院，福州　350117；
3. 河北体育学院，石家庄　050041；4. 海军航空大学青岛校区，山东 青岛　266041）

摘　要：目的：验证快速伸缩复合训练对篮球运动员上下肢爆发力的影响。方法：以 20 名男性大学篮球运动员为研究对象，对其进行为期 7 周、每周 3 次的跳深、跳箱和双手传实心球训练，并进行跳深、跳投、20 m 直线冲刺跑、20 m 变向跑、双手胸前传球等项目测试，采用独立样本 T 检验（双侧）对训练前后相关指标进行分析。结果：7 周训练后，跳深和跳投起跳高度有所提升但差异不显著（$P>0.05$），跳深和跳投时脚与地面的接触时间均显著缩短（$P<0.05$）；20 m 直线冲刺跑的平均速度有所增加但差异不显著（$P>0.05$），20 m 变向跑的整体平均速度的提高非常显著（$P<0.01$），各区间平均速度没有显著性变化，但变向瞬间脚触地时间显著缩短（$P<0.01$）；运动员双手胸前传球速度都较训练前极显著地提升（$P<0.001$），球与手接触的时间也显著缩短（$P<0.05$）。结论：上下肢快速伸缩复合训练能够显著提高篮球运动员的上下肢爆发力。

关键词：快速伸缩复合训练；篮球运动员；跳跃；步伐移动；胸前传球；训练效果
中图分类号：G804　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1008-3596（2020）03-0063-07

1　问题的提出

篮球运动和比赛的特点要求优秀的篮球运动员需要具备瞬间的向上跳跃、灵活的移动与变向、快速的传球以及精准的投篮等爆发式的运动能力。在篮球运动员爆发力训练中，除了传统抗阻训练（Resistance Training）外，还有各种快速爆发式举重训练，如抓举、高翻、深蹲等，另外就是被经常采用的快速伸缩复合训练（Plyometric Training），这些训练方法都被验证对发展肌肉爆发力有着积极的影响[1-2]。

“Plyometrics”由美国田径教练员弗雷德·威尔特（Fred Wilt）于 1975 年提出，当时被翻译成“可测量的增长”。后来“Plyometric Training”常被翻译为“超等长训练”或“增强式训练”，近年来被译为“快速伸缩复合训练”。快速伸缩复合训练被认为是上世纪 70 年代初东欧国家在田径运动中快速崛起并称霸的原因。

快速伸缩复合训练是将力量与速度结合起来而产生爆发力的练习方法，很快就被教练和运动员青睐，尤其是对跳跃、举重、投掷运动员至关重要。近年来，快速伸缩复合训练的应用领域逐渐由田径运动向球类运动扩展，并成为篮球运动员跳跃、步伐移动和双手传球等爆发性动作的主要训练手段，在与这些运动有关的肌群活动中，可以进行由下肢的着地和上肢的接球动作产生的

收稿日期：2019-11-30
作者简介：车同同（1989—），男，山东齐河人，在读博士，研究方向为青少年身体运动功能训练。
通讯作者：杨铁黎（1958—），男，吉林长春人，教授，博士，博士生导师，研究方向为体育产业与营销。
文本信息：车同同，李志远，王硕，等. 快速伸缩复合训练对大学生篮球运动员上下肢爆发力的影响效果研究[J]. 河北体育学院学报，2020，34（3）：63-69.

主动肌群的离心收缩随即转换为向心收缩的拉长—缩短周期运动（Stretch-Shortening Cycle，SSC）。

SSC 一般分为 4 个时相：预激活时期、离心收缩期、离心—向心的耦联期和向心收缩期。此过程不是单纯离心收缩与向心收缩的机械性累加，而是形成一种自然类型的肌肉功能，它是离心收缩与向心收缩快速平稳衔接的一个有机整体，其产生的力量要远大于单纯的向心收缩[3]，相比单纯的向心收缩，SSC 可以通过在离心阶段弹性势能的储存和在向心阶段的再利用，以及肌肉牵张反射的作用，使机体迸发出更大的力量，从而高效完成各种运动技术[4]。牵张反射是对肌肉的拉长做出的回应，其反应速度超越了人体的其他反射。为使这种能力得到改善，需要进行有效的快速伸缩复合训练。下肢主要采用从台阶上跳下后瞬间跳起的跳深练习[5]，上肢采用双手胸前传接实心球的练习[6]。目前与快速伸缩复合训练有关的研究，仅围绕着垂直纵跳、跳深、上下肢伸展等动作训练所产生的肌肉力量或功率效果进行研究[7-9]，而这些训练手段对篮球跳投、移动、胸前传球等能力的实际效果如何，还缺乏实验和讨论。

基于此，本实验将跳深练习和双手胸前传接实心球训练分别作为下肢和上肢肌肉快速伸缩复合训练手段导入篮球专项体能训练，讨论其对篮球运动员跳跃能力、步伐移动能力、胸前传球能力等爆发力的影响。

2 研究对象与方法

2.1 实验对象

以首都体育学院篮球队高水平男子运动员 20 人为测试对象（前锋 8 人、中锋 4 人、后卫 8 人）。实验对象的年龄 20.7±1.4 岁，身高 1.87±0.04 m，体重 68.0±6.5 kg，训练年限 9.8±1.5 年。实验前将本研究的主旨、实验和测试的内容、要求、风险等向受试者进行说明，并取得他们的同意。

2.2 实验方案

2.2.1 下肢的训练内容：跳深练习和跳箱练习

Vladimir 等[10]研究表明在 80 cm 的高度跳深，下肢肌肉预激活程度高。另有研究表明，在合理的范围内，在相对较高的平台跳深有利于着地后早期阶段达到较稳定的平衡状态[11]，对防止膝关节损伤是有利的[12]。因此，在下肢训练前，首先采用常用的 4 段（0.88 m）跳箱进行跳深练习，要求运动员从这个高度跳下后迅速向上跳起到尽可能高的高度，并重复 10 次（图 1）。在进行这个动作过程中，要求运动员缓冲地面冲击的同时尽可能减少与地面接触的时间。之后，将 4 台三段（0.73 m）跳箱按照间距 1.5 m 进行摆放，运动员进行向前移动连续跳箱跳跃练习（图 2），连续 3 次为 1 组，共 15 组。要求运动员在不产生着地声音的同时，尽可能缩短着地时间，避免膝关节过度弯曲。下肢训练安排在篮球技术练习之后进行。训练时间为 7 周，每周 3 次。

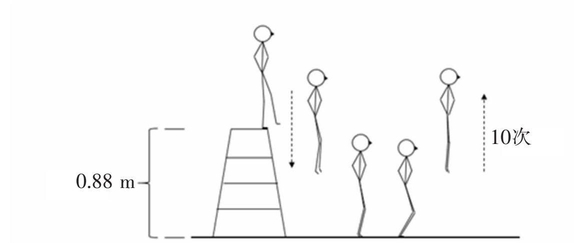


图 1 采用 4 段跳箱进行跳深训练示意图

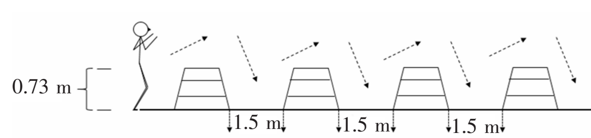


图 2 跳箱跳跃练习示意图

2.2.2 下肢爆发力测试

下肢爆发力测试于干预训练实施前和实施完毕 3 天后进行，所测结果分别作为训练前和训练后的数据（上肢测试时间相同，下文不再重复）。测试内容为：

（1）跳深。运动员从 0.6 m 高的台上跳下后随即跳起，要求运动员在最短的时间内踏跳达到尽可能的高度。测试过程使用足底开关测量系统（DKH 公司生产）测试相关数据，即在足底开关上进行踏跳动作，并读取出脚着地起跳过程中着地时间、离地时间、达到最高点及再次着地时间，计算出脚接触地面时间和滞空时间，最终计算出跳跃高度。

（2）跳投。要求运动员接到传球后缓冲跳起，跳至最高点处进行投篮。在整个过程中同样测两脚着地时间、离地时间及再次着地时间，进一步计算出脚触地时间和跳跃高度。

（3）20 m 变向跑。设定 5 个区间，每个区间长度为 4 m，相邻两个区间直线夹角为 60°，运动员以最快速度进行 4 次变换方向的折线跑练习（图 3）。测量每个区间所需的时间，进而计算各区间的平均速度、20 m 全区间的平均速度，测量各方向变换时的触地时间。

（4）20 m 直线冲刺跑。运动员以最快速度进行 20 m 直线冲刺跑，测量所需时间并计算平均速度。

在移动能力（20 m 变向跑和直线冲刺跑）测试中，同样运用足底开关测量系统（DKH 公司生产），垫在起点、方向变化点、终点，读取出以上各点的脚着地和离地时间，计算出各个点上脚接触地面的时间。

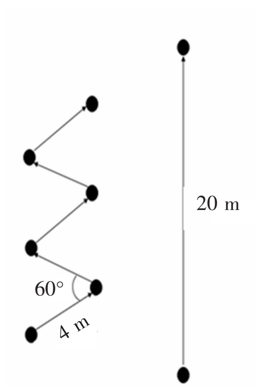


图3　移动能力测试（20 m 变向跑和 20 m 直线冲刺跑）

2.2.3　上肢的训练内容：双手胸前传球

两人一组进行双手胸前传球练习。两人距离分别设定为 5 m、6 m、7 m，要求运动员以最快速度将 2 kg 的实心球进行双手胸前互相传递，10 次为 1 组，每个距离进行 2 组。之后在 7 m 的距离上改用篮球进行双手胸前传球练习，10 次为 1 组，进行 2 组。训练时间为 7 周，每周 3 次，上肢训练与下肢训练不安排在同一天。

2.2.4　上肢爆发力测试

上肢爆发力测试内容为快速传球：在 5 m 区间运球进行带助跑的双手胸前传球和同种训练环境下不带助跑的胸前传球两个动作，以最快速度将球直接传向前方的网，网的后边放置一台激光测速仪（Tolars 公司生产）测量球速。与此同时，将高速摄像机放置在受试者的左侧，采用 250 帧率拍摄速传动作，读取出球与双手接触和离开的时间点，进而计算手接触球的时间。

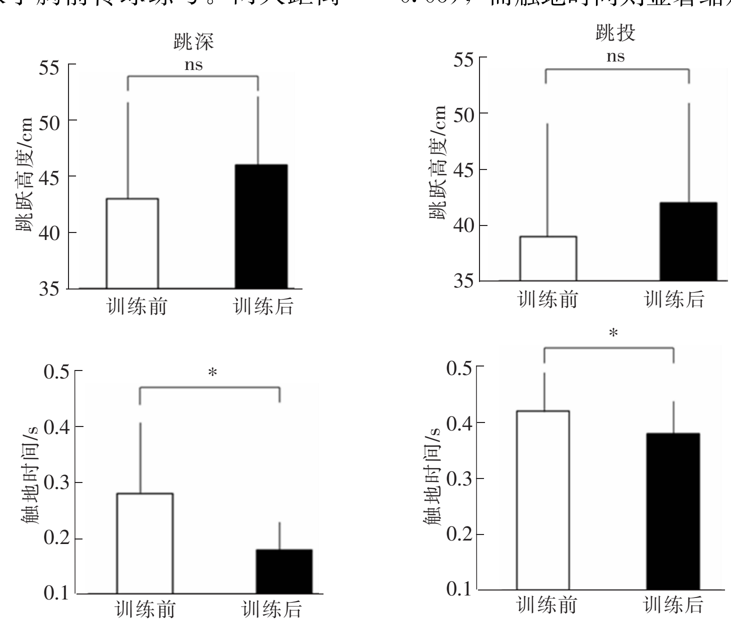
2.3　数据统计方法

所有测量结果均用平均值±标准差来表示。采用独立样本 T 检验（双侧），对训练前后所测值进行比较，显著性水平为 $P=0.05$，非常显著性水平 $P=0.01$，极度显著性水平 $P=0.001$。

3　测试结果

3.1　跳跃能力的变化

图 4 显示，无论是跳深还是跳投，运动员的跳跃高度在训练后有所提升，但没有显著变化（$P>0.05$），而触地时间则显著缩短（$P<0.05$）。



注：* 表示 $P<0.05$，** 表示 $P<0.01$，*** 表示 $P<0.001$，下同

图 4　训练前后跳深和跳投的跳跃高度和触地时间

3.2　移动能力的变化

图 5、图 6 显示，训练后运动员 20 m 直线冲刺跑的平均速度有所提升，但差异不显著（$P>0.05$）。而 20 m 变向跑整体平均速度显著提升（$P<0.01$），各区间的平均速度没有显著的变化（$P>0.05$），但变向瞬间脚触地时间显著缩短（$P<0.01$）。

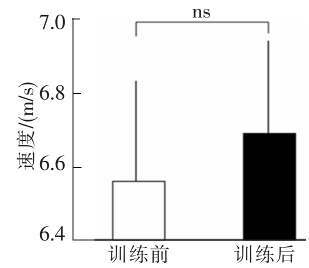


图 5　训练前后 20 m 直线冲刺跑的平均速度

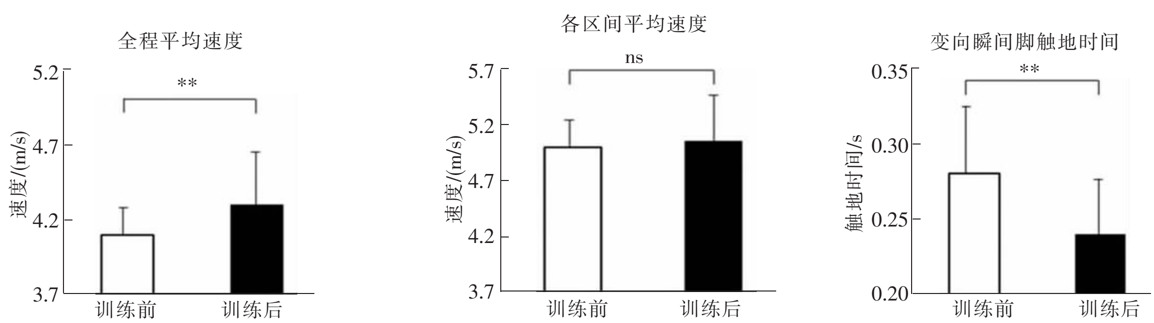


图 6　训练前后 20 m 变向跑相关测试数据对比情况

3.3　双手胸前传球能力的变化

图 7 显示，无论在有助跑还是无助跑情况下，训练后运动员胸前传球速度都极显著地提升（$P<0.001$），球与手接触的时间也显著缩短（$P<0.05$）。

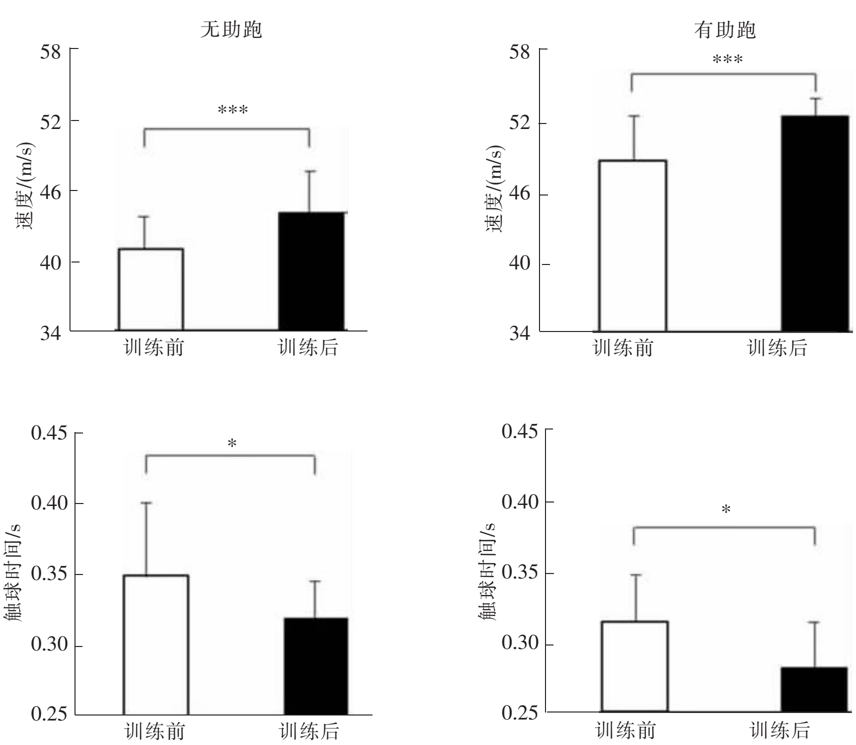


图 7　训练前后双手胸前传球速度和手触球时间

4 讨论与分析

快速伸缩复合训练可以增强神经—肌肉功能的适应性，其原因包括：①可以增强肌肉的神经冲动；②可以改变肌肉激活策略（即改善肌肉间协调）；③使肌腱复合体力学特性发生变化；④改变肌肉的大小和结构；⑤使单纤维力学发生变化。Markovic 等[13]研究表明，短期的快速伸缩复合训练可以增强运动员和非运动员足底屈肌肌腱复合体的各种弹性成分的刚度，还可以改善健康个体的下肢力量、功率以及肌肉 SSC 运动功能。

前人研究指出，快速伸缩复合训练以 4—8 周为宜[5,8]。为此，本实验设计训练时间为 7 周，每周训练 3 次。跳深是练习下肢爆发力的重要手段，有研究表明[3,6]，为能够达到有效的拉长效果，跳深练习的台阶高度应在 0.6—0.8 m，故本研究的台阶高度设定在跳箱三段（0.73 m）。双手胸前传球所用的实心球，一般为 1—3 kg，本研究选取 2 kg 的实心球，旨在将训练重心从速度型过渡到力量型。

4.1 下肢肌群

实验结果显示，下肢快速伸缩复合训练后，跳跃高度有所增加，但差异不显著，而脚与地面的接触时间明显缩短。这与前人研究结果存在差异，Bouteraa 等[14] 和 Marshall 等[15] 均研究发现，跳深练习可以提高垂直纵跳高度。这种差异可能与实验中的跳深高度和其他干预措施有关，在 Bouteraa 的研究中，跳深高度为 30 cm，还辅以平衡和稳定性的训练干预，当然也不排除实验个体差异性的影响。

下肢快速伸缩复合训练后，20 m 直线冲刺跑的平均速度没有明显变化，变向跑的平均速度则有明显的增加。表明下肢快速伸缩复合训练对变向跑能力的提升效果较直线冲刺跑更为显著。将变向跑分为各区间跑动和方向变换两个部分作进一步分析可以看出，下肢快伸缩复合训练对于大幅度缩短变向瞬间的触地时间作用显著。但 Dobbs 等[16]以橄榄球运动员为研究对象，探讨了双侧和单侧反向纵跳、跳深和半蹲跳中垂直和水平动作与短跑速度和腓肠肌肌力结构的关系，表明无论是跳深还是水平跳跃都可以提高短跑速度。Loturco 等[17]将 U20 足球运动员分为两组，分别进行反向纵跳和水平跳跃干预，结果表明水平跳跃更适用于短距离（10 m 以下）加速，而垂直方向的快速伸缩复合训练更适用于较长距离（10—20 m）提高最大速度。本文的实验结果与以上两个结论不一致，可能是由于训练计划的不同，也可能是因为受试者训练水平和基础力量存在差异。Antonio 等[18]研究表明，快速伸缩复合训练方法，即跳深和水平方向跳跃能力不仅可以提高跳跃、短跑成绩，对方向变化方面也起着关键作用。

由下肢肌群所做的功、肌肉力量决定的跳跃高度、直线跑速度、触地时间，与力量发展速率（Rate of Force Development，RFD）和 SSC 所发生的牵张反射等神经要素是相互依存的关系[4,9]。Mlsnová 等[19]研究表明，快速伸缩复合训练能更好地提高弹跳能力，认为本体感受和神经—肌肉适应方面得到了提升，与肌肉收缩离心阶段弹性能量的储存和快速伸缩复合训练使 RFD 提高有关。与杠铃深蹲训练使肌肉产生肥大提高最大力量不同，快速伸缩复合训练侧重于通过改善神经系统来提高 RFD[6,8]；且与杠铃训练通过肌肉的离心收缩增加力量相比，快速伸缩复合训练通过肌肉的离心收缩不仅能增加肌肉力量，也会有效提高其 RFD[4-5]。由此可以得出，快速伸缩复合训练可以通过改善神经系统因素来提高肌肉力量发展速率和缩短完成动作的时间。所以，快速伸缩复合训练可以有效缩短篮球跳投和移动等技术的完成时间。

4.2 上肢肌群

单独使用上肢快速伸缩复合训练的研究较少，其中 Zushi[20]将为期 7 周、每周 3 次的上下肢组合的快速伸缩复合训练手段引入大学生篮球运动员的训练中，显著提高了运动员的胸前传球速度、垂直跳跃能力以及变向跑速度。与跑跳中脚与地面的接触时间相同，运动员胸前传球中球与手的接触时间，同样由上肢肌群的肌肉力量和所做的功决定，同样与 RFD 以及 SSC 过程中弹性能量和牵张反射密切相关。本研究中，运动员在胸前传接实心球训练后，无论是在有助跑还是在没有助跑的情况下，双手胸前传球速度都显著提高，传球过程中球与手的接触时间也显著缩短。这与前人的研究结果一致，Chelly 等[21]研究表明，在标准训练方案中引入双周快速伸缩复合训练可以提高手球运动员爆发力，进而提高短跑、跳跃和投球速度等运动表现。

5 结论

将为期 7 周、每周 3 次的上下肢快速伸缩复合训练引入大学生篮球运动员的训练中，能够显著提高运动员的上下肢爆发力：①可以显著缩短跳深和跳投过程中脚与地面的接触时间；②可以通过显著缩短变向瞬间脚与地面的接触时间，显著提高变向跑的平均速度；③无论是在有助跑还是无助跑的情况下，胸前传球速度都极显著地提升，手与球的接触时间也显著缩短。

参考文献：

[1] CHANNELL B T, BARFIELD J P. Effect of Olympic and traditional resistance training on vertical jump improvement in high school boys [J]. J Strength Cond Res, 2008, 22(5):1522.

[2] HOFFMAN J R, COOPER J, WENDELL M, et al. Comparison of Olympic vs traditional power lifting training programs in football in football players [J]. J Strength Cond Res, 2004, 18(1):129.

[3] 周家颖.跳深时下肢肌肉的生物力学特征分析[D].上海:上海体育学院,2007.

[4] KOMI P V. Training of muscle strength and power. Interaction of neuromotoric, hypeitrophic, and mechanical factors [J]. Int J Sports Med, 1986, 7(1):10.

[5] WILSON G J, MURPHY A J, GIORGI A. Weight and plyometric training: Effects on eccentric and concentric force production[J]. Can J Appl Physiol, 1996,21(2):301.

[6] ASMUSSEN E, BONDE-PETERSEN F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man[J]. Acta PhysiolScand, 1974,91(3): 385.

[7] HÄKKINEN K. Neuromuscular adaptation during strength training, ageing, detraining, and immobilization[J]. Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine,1994,6(2):161.

[8] HÄKKINEN K, KOMI P V, ALéN M. Effect of explosive type strength training on isometric force and relaxation-time, electromyograhic and muscle fibre characteristic of leg extensor muscles[J]. Acta Physiol. Scand,1986, 125(4): 587.

[9] SCHMIDTBLEICHER D, GOLLHOFER A. Effects of a stretch-shortening typed training on the performance capability and innervation characteristics of leg extensor muscles[J]. Biomechanics,1987,6(1):185.

[10] VLADIMIR M, DUSKO B I, NENAD J, et al. Pre-activity modulation of lower extremity muscles within different types and heights of deep jump [J]. J Sports Sci Med, 2008, 7(2): 269-278.

[11] WILSON J M, FLANAGAN E P. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief re view[J]. J Strength Conditioning Res, 2008, 22(5): 1705.

[12] ELIAS J J, FAUST A F, YUNG-HUA C, et al. The soleus muscle acts as an agonist for the anterior cruciate ligament[J]. Am J Sports Med,2003, 31(2):241.

[13] MARKOVIC G, MIKULIC P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training[J]. Sports Medicine, 2010, 40(10): 859.

[14] BOUTERAA I, NEGRA Y, SHEPHARD R, et al. Effects of combined balance and plyometric training on athletic performance in female basketball players[J]. Journal of Strength Cond Res, 2018:1.

[15] MARSHALL B M, MORAN K A. Which drop jump technique is most effective at enhancing countermovement jump ability, "countermovement" drop jump or "bounce" drop jump? [J]. J Sports Sci, 2013, 31(12): 1368.

[16] DOBBS C W, GILL N D, SMART D J, et al. Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes[J]. J Strength Cond Res, 2015, 29(3): 661.

[17] LOTURCO I, PEREIRA L A, KOBAL R, et al. Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players [J]. J Sports Sci, 2015, 33(20): 2182.

[18] DELLOIACONO A, MARTONE D, MILIC M, et al. Vertical- vs. horizontal-oriented drop jump training: chronic effects on explosive performances of elite handball players[J]. J Strength Cond Res, 2017,31(4): 921.

[19] MLSNOVá G, LUPTáKOVá J. Influence of Plyometrics on jump capabilities in technical and aesthetical sports [J]. Acta FacultatisEducationisPhysicae Universitatis Comenianae, 2017,57(1): 76.

[20] ZUSHI K. Effects of plyometrics on the abilities of the jump, footwork and the chest pass in competitive basketball players[J]. Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 2006, 55

(2)：237.

[21] CHELLY M S，HERMASSI S，AOUADI R，et al. Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players[J]. J Strength Cond Res，2014,28(5)：1401.

A Study on Effects of Plyometricon Explosive Strength of Upper and Lower Limbs in College Basketball Players

CHE Tongtong[1]，LI Zhiyuan[2]，WANG Shuo[3]，SONG Yanliang[4]，YANG Tieli[1]

(1. Capital University of Physical Education and Sport，Beijing 100191，China；
2. School of Physical Education and Sport Science，Fujian Normal University，Fuzhou 350108，China；
3. Hebei Sport University，Shijiazhuang 050041，China；
4. Naval Aviation University (Qingdao Campus)，Qingdao 266041，China)

Abstract：*Objective*：To verify the effect of plyometric training on the explosive force of the upper and lower limbs of basketball players. *Methods*：Twenty male college basketball players are taken as the research objects，and they are trained in jumping depth，box jumping and two handed passing solid ball three times a week for seven weeks. They are tested in jumping depth，jumping shot，20 m straight-line sprint，20 m direction changing，two handed chest passing and other items. Relevant indexes before and after training T-test (both sides) are analyzed with independent samples. *Results*：The depth of jump and the height of jump shot increased but there was no significant difference ($P>0.05$). The average speed of 20 meters in a straight line increased without any significance ($P>0.05$)，while the overall average speed of 20m direction running increased significantly ($P<0.01$). The average speed of each interval did not change significantly，and the time of touching the ground of the changing foot decreased significantly ($P<0.01$). The initial speed of the two-handed chest pass with or without running was significantly improved ($P<0.001$)，and the time of hand touch was significantly decreased ($P<0.05$). *Conclusion*：The explosive force of the upper and lower limbs of basketball players can be significantly improved by plyometric training of the upper and lower limbs.

Key words：plyometric training；basketball players；jump；footwork；chest pass；training effect