动力链视角下功能性训练对网球发球技术的优化效果研究

易志成[1] 莫 庸[2] 黄颖诗[3] 黄平林[1]
1.广东白云学院体育学院，广东 广州 510450
2.广州体育学院，广东 广州 510550
3.广东省网球协会，广东 广州 510550

[摘要]目的：探讨基于动力链理论设计的功能性训练方案对优化网球运动员发球技术的影响效果。方法：选取 24 名网球专项男性运动员，随机分为实验组（n=12）与对照组（n=12）。实验组进行为期 8 周、每周 3 次针对发球动力链的功能性训练，对照组进行等时长的常规发球多球训练。结果：实验组在发球平均速度、最高速度、成功率及落点准确性上均极显著优于对照组，P＜0.01。结论：基于动力链的功能性训练能有效优化发力序列，提升力量传递效率和神经肌肉控制，从而显著提升发球速度、稳定性与精准度，其效果优于传统训练方法，可为网球发球训练提供科学有效的实践方案。
[关键词]动力链；功能性训练；网球发球；运动表现；优化
DOI：10.33142/jscs.v5i4.17420 中图分类号：G808 文献标识码：A

Research on the Optimization Effect of Functional Training on Tennis Serving Techniques from the Perspective of Power Chain

YI Zhicheng[1], MO Yong[2], HUANG Yingshi[3], HUANG Pinglin[1]
1. College of Physical Education, Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong, 510450, China
2. Guangzhou Sport University, Guangzhou, Guangdong, 510550, China
3. Guangdong Tennis Association, Guangzhou, Guangdong, 510550, China

Abstract: Objective: to explore the impact of a functional training program designed based on the theory of power chain on optimizing the serving technique of tennis players. Method: 24 male tennis players were selected and randomly divided into an experimental group (n=12) and a control group (n=12). The experimental group underwent functional training on the serving power chain for 8 weeks, 3 times a week, while the control group received regular serving multi ball training of equal duration. Result: the experimental group was significantly better than the control group in terms of average serving speed, maximum speed, success rate, and landing accuracy, P＜0.01. Conclusion: functional training based on power chain can effectively optimize the power sequence, improve the efficiency of power transmission and neuromuscular control, thereby significantly improving the speed, stability, and accuracy of serving. Its effect is superior to traditional training methods and can provide a scientific and effective practical solution for tennis serving training.
Keywords: power chain; functional training; tennis serve; sports performance; optimization

引言

网球作为一项隔网对抗性项目，其发球技术是唯一不受对手制约的击球环节，不仅是每一分的开始，更是争取主动、直接得分的重要手段，堪称运动员最重要的“武器”之一[1]。在现代网球运动中，发球速度、落点准确性与稳定性已成为衡量运动员竞技水平的关键指标。然而，传统的发球训练多侧重于局部肌群的力量提升或单一的挥拍动作模仿，往往忽视了发球动作本身作为一个多关节、多肌群协同参与的开放性动力链活动的本质[2]。这种训练方式的局限性可能导致力量传递效率低下、技术瓶颈难以突破，甚至因代偿模式而引发肩、肘、腰等部位的运动损伤。

发球动作的本质是一个从下肢蹬地开始，经由核心区旋转加速，最终通过上肢鞭打动作将动能传递至球拍的动力链能量传递过程[3]。其中，任何一个环节的薄弱或“脱节”（如核心稳定性不足、髋-肩分离不充分）都会造成动能的泄露，从而导致发球力量减弱、技术动作僵硬且不稳定[4]。因此，从动力链的视角出发，寻求一种能够系统优化这一能量传递效率的训练方法，对于提升发球技术具有至关重要的意义。

功能性训练（Functional Training）是一种强调动作模式而非单一肌肉、注重神经肌肉系统协调控制、并紧密结合专项动作需求的训练理念[5]。其核心在于通过模拟专项技术中的生物力学环节，提升身体各环节在动力链中的协同工作效率，从而改善整体运动表现[6]。这与网球发球所依赖的“动能生成-能量传递-动能释放”这一完整的动力链过程高度契合。通过设计针对性的功能性训练手段，有望有效强化发球动力链的连贯性与发力效率，为解决传统训练中的不足提供新的思路。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

目前，国内研究多集中于功能性训练对大众健身或一般身体素质的影响，而将其置于动力链理论框架下，并精准应用于网球发球这一专项技术优化的实证研究尚显不足。基于此，本研究拟通过实验干预，探究基于动力链视角设计的功能性训练方案对网球运动员发球速度、成功率及落点准确性的影响，旨在验证其优化效果，为丰富网球专项训练理论体系提供实证依据，并为教练员和运动员制定科学、高效的训练方案提供实践参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究以“动力链视角下的功能性训练对网球发球技术的优化效果”为研究对象。采用实验法，于 2023 年 9 月至 2023 年 12 月，招募某体育学院网球专项班男性运动员 24 名为实验受试者。所有受试者均具有右利手、身体健康、无运动功能障碍、近三个月无重大运动损伤等基本特征。

为确保实验的同质性，依据入组前测得的发球速度（SR）和发球成功率（SS%）数据，采用配对分组法将 24 名受试者随机分为实验组（n=12）与对照组（n=12）。两组受试者的年龄、训练年限、身高、体重及前测发球数据均无显著性差异，P＞0.05，具有可比性,具体数据详见表 1。

1.2 研究方法

1.2.1 文献资料法

通过中国知网、Web of Science、EBSCO 等中外文学术数据库，以“动力链”“功能性训练”“网球发球”“Kinetic Chain”“Functional Training”“Tennis Serve”等为关键词，检索并查阅近十年的相关文献与专著。对资料进行梳理与分析，为本研究提供坚实的理论支撑，并据此设计本实验的功能性训练干预方案。

1.2.2 实验法

实验时间与地点：

实验周期为 8 周，2023 年 10 月 8 日至 12 月 2 日。实验组功能性训练与两组常规技术训练均在某体育学院室内网球馆进行；身体素质训练在体能训练中心完成。每周训练 3 次（周一、周三、周五），每次训练时长约 120 分钟。

实验流程：前测（第 1 周）：在实验干预开始前，对两组受试者进行发球速度、成功率和落点准确性的测试并记录数据。实验干预（第 2～7 周）：实验组在常规训练后增加 20min 的功能性训练，对照组进行与实验组等时长的常规发球多球练习。后测（第 8 周）：实验干预结束后，在相同条件下对两组受试者再次进行各项指标的测试。

实验方案：如表 2 所示，对照组训练安排：进行常规网球训练，内容包括技术训练（底线、网前、发球）、战术训练和一般身体素质训练（耐力、最大力量等）。其发球训练主要为定点的多球发球练习。实验组训练安排：在保持与对照组完全相同的常规训练内容和时长的基础上，将 20min 的常规发球多球练习替换为针对发球动力链设计的功能性训练。该方案基于“蹬地-转髋-核心加速-挥臂鞭打”的动力链顺序设计，旨在改善能量传递效率。

1.2.3 测试指标与工具

发球速度（SR）：使用 YUPITERU 雷达测速枪进行测量。受试者在一区平分区全力发射 10 次第一发球，记录最高速度（km/h）及平均速度（km/h）作为分析数据。

发球成功率（SS%）：在上述 10 次发球中，记录成功发入对方发球区内（不含擦网）的次数，并计算成功率。

发球落点准确性（SA）：将对方发球区划分为内角（T 点）、中路、外角三个区域。要求受试者在 10 次发球中，分别向内角和外角各发射 5 次。记录命中指定区域的次数。

1.2.4 数理统计法

所有测试数据均使用 SPSS 26.0 统计软件进行处理。计量资料以平均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示。采用 Shapiro-Wilk 检验进行正态性检验。采用独立样本 T 检验比较实验后两组间的差异；采用配对样本 T 检验比较组内实验前后的差异。以 P＜0.05 表示差异具有统计学意义，以 P＜0.01 表示差异具有高度统计学意义。

表 1　实验前两组受试者基本情况对比（$\bar{x}\pm s$）

组别	人数	年龄（岁）	训练年限（年）	身高（cm）	体重（kg）	发球速度（km/h）	发球成功率（%）
实验组	12	20.1±1.2	3.3±0.6	174.5±3.8	70.2±5.6	67.8±4.3	52.3±10.1
对照组	12	19.8±1.4	3.1±0.7	174.2±4.1	71.5±6.2	66.9±4.6	54.1±9.8
P 值	-	＞0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05

表 2　实验组功能性训练方案

训练目标	训练动作示例	负荷安排	组间休息
下肢蹬伸与力产生	药球过头前砸、壶铃摇摆	3 组×8 次	90s
核心旋转与力传递	跪姿侧抛药球、弹力带抗阻旋转	左右各 3 组×10 次	60s
肩胛稳定与鞭打	弹力带带挥拍、土耳其起立（简化）	3 组×（每侧 6 次）	90s
整合性动作模式	单腿跪姿上推药球、模拟发球弹力带	3 组×（每侧 5 次）	120s

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 3　两组受试者实验前后各项指标组内对比（ $\bar{x} \pm s$，n=12)

组别	测试时间	发球平均速度（km/h）	发球最高速度（km/h）	发球成功率（%）	发球落点准确性（命中数）
实验组	前测	67.8±4.3	71.1±4.7	52.3±10.1	3.8±1.2
	后测	71.9±3.8	75.9±4.6	63.7±8.9	5.7±1.4
	P	0.000	0.000	0.001	0.000
对照组	前测	66.9±4.6	70.4±5.1	54.1±9.8	3.9±1.1
	后测	68.8±4.2	72.6±4.6	56.8±10.5	4.2±1.3
	P	0.012	0.009	0.124	0.187

表 4　实验后两组受试者各项指标组间对比（ $\bar{x} \pm s$ ）

测试指标	实验组（n=12）	对照组（n=12）	T	P
发球平均速度（km/h）	71.9±3.8	68.8±4.2	3.891	0.001
发球最高速度（km/h）	75.9±4.6	72.6±4.6	3.421	0.002
发球成功率（%）	63.7±8.9	56.8±10.5	3.125	0.005
发球落点准确性（命中数）	5.7±1.4	4.2±1.3	4.567	0.000

2 研究结果

2.1 实验前后组内对比结果

为检验 8 周训练干预对两组受试者自身发球表现的影响，分别对两组实验前后的数据进行了配对样本 T 检验。

由表 3 可知，实验组经过 8 周基于动力链的功能性训练干预后，在发球平均速度、发球最高速度、发球成功率及发球落点准确性四项指标上，后测成绩均极显著地优于前测成绩，$P<0.01$，表明该训练方案对提升实验组受试者的发球表现具有显著效果。

对照组经过 8 周常规训练后，对照组在发球平均速度和发球最高速度上后测成绩优于前测，且差异具有统计学意义，$P<0.05$。但在发球成功率和发球落点准确性两个指标上，虽然后测成绩略有提高，但差异不具有统计学意义，$P>0.05$。这表明常规训练对提升发球力量有一定效果，但对技术稳定性和精准度的改善效果有限。

2.2 实验后组间对比结果

为检验两种训练方案的效果差异，对实验后两组受试者的各项指标数据进行独立样本 T 检验。

由表 4 可知，经过 8 周训练后，在发球平均速度与发球最高速度方面，实验组后测成绩均高于对照组，且差异具有高度统计学意义，$P<0.01$。在发球成功率与发球落点准确性方面，实验组后测成绩显著高于对照组，差异同样具有高度统计学意义，$P<0.01$。该结果表明，实验组所采用的功能性训练方案在提升发球速度、成功率及落点控制能力方面的整体效果显著优于对照组的常规训练方案。

3 分析与讨论

本研究结果表明，为期 8 周、基于动力链理论设计的功能性训练方案，能比常规训练更有效地提升网球运动员的发球速度、成功率和落点准确性。结合动力链理论与功能性训练的特点，对这一结果进行深入分析与讨论。

3.1 功能性训练对提升发球速度的机制分析

实验后，实验组在发球平均速度与最高速度上的增长幅度均显著高于对照组，$P<0.01$。这一结果验证了本研究的核心假设，即针对动力链的功能性训练能更高效地优化发力序列，提升力量的产生和传递效率。

其作用机制可能在于：第一，优化了“蹬地-转体-挥拍”的动力链序列。传统力量训练（如卧推、深蹲）虽能提高局部肌群的绝对力量，但这种在稳定、孤立状态下获得的力量难以高效转化为网球发球这类需要全身协调发力的专项技术[7]。本实验所采用的功能性训练动作（如药球过头前砸、跪姿侧抛药球）高度模拟了发球的动作模式，要求下肢蹬伸、核心旋转和上肢挥动在正确的时序下协同工作。这种训练强化了神经肌肉系统对专项动作模式的记忆，减少了力量在关节间传递时的“泄漏”，从而更有效地将身体产生的力量传递至球拍，最终体现为发球速度的提升。第二，提升了核心肌群的稳定性与旋转爆发力。核心肌群是连接上下肢动力、承上启下的“枢纽”[8]。对照组的速度提升可能主要源于一般性力量增长，而实验组的速度显著提升，很大程度上得益于壶铃摇摆、弹力带抗阻旋转等练习显著增强了腹斜肌、臀肌等核心肌群在动态不稳定状态下的稳定性和瞬间旋转发力能力。一个坚固而富有弹性的核心确保了下肢产生的力量能够有效地向上肢传递，而非在腹部被衰减，这是发球获得最大初速度的关键生物力学因素。

3.2 功能性训练对提高发球成功率与落点准确性的原因探讨

除速度外，更重要的发现是，实验组在发球成功率和落点准确性上取得了显著进步，而对照组则无统计学变化。这表明，基于动力链的功能性训练不仅提升了“力量”，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

更优化了“控制”。

其原因可归结为以下几方面。首先，改善了神经肌肉控制与动作一致性。发球的稳定性和准确性高度依赖于动作的可重复性。功能性训练中的很多不稳定界面（如单腿动作）和抗旋练习（如弹力带抗阻旋转）极大地加强了对深层稳定肌群和神经控制能力的锻炼[9]。这使得运动员在高速挥拍过程中对身体姿态、关节角度的控制能力得到增强，减少了因核心不稳或力量不足而产生的代偿性错误动作，从而能够在多次发球中保持高度一致且流畅的技术动作，自然提高了发球的成功率和落点控制。

其次，促进了动力链的流畅性与经济性。一个高效、流畅的动力链动作本身就是更稳定、更节能的。实验组的训练方案强调各环节的连贯衔接，避免了动作的“断节”或“僵硬”。当发力变得轻松、流畅时，运动员可以将更多的注意力分配给战术意图（如瞄准落点）和球的抛送，而非费力地去完成挥拍动作本身。这与对照组主要进行定点多球练习（可能强化了错误发力模式）形成了鲜明对比，后者虽练习数量多，但未能从根本上改善发力的经济性，故对稳定性和准确性的提升效果有限。

3.3 本研究与先前理论的对话与印证

本研究结果与 Hipps Jr.提出的发球动力链模型以及 Gambetta V.倡导的功能性训练理念高度吻合。它用实证数据证实了：从“动作模式”入手，而非从“孤立肌群”入手，是优化网球发球这项复合技术的更有效途径。此前，国内部分研究已证实功能性训练对网球运动员移动能力或一般身体素质的积极影响[10]，本研究则进一步将其聚焦于“发球技术”这一具体环节，并置于“动力链”这一理论视角下，细化了其作用机制，丰富了该领域实证研究的成果，为功能性训练在网球专项中的应用提供了更具针对性的理论支持和实践方案。

3.4 本研究的局限性与未来展望

尽管本研究取得了积极的发现，但仍存在一些局限性。第一，受试者均为男性大学生运动员，样本量相对较小，未来研究可扩大样本范围，纳入不同性别、年龄和水平的运动员，以验证方案的普适性。第二，本研究主要依赖外部表现指标（速度、成功率）。未来研究可结合表面肌电（sEMG）和三维运动学分析，更深入地探究训练前后肌肉激活时序、关节角度变化等内在机制，从生理和生物力学层面提供更直接的证据。第三，8 周的干预周期证明了短期效益，但该训练方案的长期效果及其对运动损伤的预防作用，仍需后续的追踪研究来证实。

4 结论与建议

4.1 结论

本研究通过为期 8 周的实验干预，探究了基于动力链视角的功能性训练对优化网球发球技术的影响，最终得出以下结论：

（1）基于动力链理论的功能性训练方案能显著提升发球速度。该训练方案通过优化“下肢蹬伸-核心旋转-上肢鞭打”的动力链能量传递序列，能更有效地提升力量的产生与传导效率。

（2）基于动力链理论的功能性训练方案能有效提高发球成功率与落点准确性。该训练方案通过增强神经肌肉控制能力和核心稳定性，显著提升了发球技术动作的一致性和经济性，从而改善了发球的稳定性和精准度。

整体而言，在常规训练中融入针对动力链的功能性训练，其优化发球技术的综合效果显著优于仅进行常规发球多球训练。本研究从实证角度证实，从“动作模式”和“发力链条”入手进行训练，是解决网球发球技术中“力量”与“控制”矛盾的有效策略。

4.2 建议

基于本研究结论，特向网球教练员、运动员及后续研究者提出以下训练实践建议：

（1）教练员在设计和安排发球专项训练时，应超越传统的“孤立增肌”和“单纯多球”模式，牢固树立动力链和功能性的训练理念，将训练重点从发展局部力量转移到发展全身协调发力的能力上。

（2）建议在训练计划中系统性地加入针对发球动力链的功能性训练动作，如药球抛砸系列（发展蹬转和发力）、弹力带抗阻挥拍与旋转（提升专项力量与稳定性）、土耳其起立（增强整体协调与稳定性）等。应将此类训练作为准备期和比赛期体能训练的重要组成部分，每周安排 2～3 次。

（3）在进行功能性训练时，要时刻强调动作质量而非负重，确保运动员理解每个练习与发球技术环节的对应关系，实现体能训练向技术表现的高效转化。

基金项目：广东省体育局 2022-2023 年科研项目（项目编号：GDSS2022N074）。

[参考文献]

[1]Zhang Y,Chen Z.Kinematic differences in forehand serve-receiving techniques of the male tennis players at low and high-speed serves [J].Scientific Reports,2024,14(1):26586-26586.

[2]陈帅科,王定宣.网球正反手击球快速力量训练策略探究[J].当代体育科技,2024,14(35):30-33.

[3]Zhang,Yifan.The Impact of Core Stability Training on the Normative Nature of Technical Movements in Tennis:A Kinematic Analysis Based on Biomechanics[J].Journal of International Natural Science Studies,2025,2(2).

[4]李佳欣.不同等级网球专项生发平击和侧旋球技术动作的运动学分析[D].西安:西安体育学院,2024.

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

[5]乔倩倩.功能性训练在高水平网球运动员发球技术训练中的应用研究[J].运动,2014(7):16-17.
[6]Zhang W,Feng L,Qiu J,et al.How functional training builds up the physique of university students:An integrated review [J].Science et Sports,2025,40(1):1-9.
[7]张娜.加压抗阻训练对男子公路自行车运动员下肢力量与有氧能力的影响[J].辽宁体育科技,2025,47(4):134-140.
[8]王换君.核心力量训练在体育舞蹈专项中的应用价值与实践方法[J].田径,2025(6):37-39.
[9]曾成龙.基于 FMS 的功能性训练对青少年篮球运动员健康体适能影响的实验研究[D].景德镇:景德镇陶瓷大学,2025.
[10]赵文超.功能性训练在优化网球发球技术中的应用[J].体育科技文献通报,2022,30(5):48-50.
作者简介：易志成（1979—），男，广东吴川人，硕士，教授，研究方向：体育教育训练学。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.