

昭和63年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No.IX プリオメトリック・リアクティブ筋力トレーニング

に関する研究—第2報—

報告者 (財)日本体育協会研究プロジェクトチーム
＝プリオメトリック・リアクティブ筋力トレーニングに関する研究班

班長 勝田 茂¹⁾

班員 松井 秀治²⁾ 高松 薫¹⁾ 伊藤 章³⁾

伊坂 忠夫⁴⁾ 金久 博昭⁵⁾

担当研究員 伊藤 静夫 (日本体育協会スポーツ科学研究所)

研究概要

班長 勝田 茂

1. はじめに

筋力・パワーの向上を意図したトレーニングの一つであるプライオメトリック・トレーニングについて、昭和62年度に研究を開始した本プロジェクト研究班は、本年度(昭和63年度)をもって2カ年の研究を終了する。

初年度は基礎的な課題に中心を置き、①神経・筋系からのメカニズムを中心とした基礎的な立場から、②トレーニング効果の面から、とくに体力トレーニングとの結びつきについて、③至適負荷のための至適条件を探ることをねらいとして方法論を中心に置いた立場から、の3つの面から検討を加え報告してきた。

本年度は安全性を考慮したトレーニングの方法論を中心に、より応用的でコーチングやトレーニングの現場に利用できることを研究の主眼にして

進めてきた。主たるテーマは①プライオメトリックトレーニングによって、本当に筋や神経系の改善ができるのか(勝田・金久班員)、②トレーニング効果は行っているスポーツ種目によって特殊性があるのではないかと(伊藤班員)、③トレーニング効果を上げるためにどんなトレーニング方法がよいのか(伊坂・高松班員)の3つの面からアプローチを試みた。

以下に各分担課題にもとづく研究の要約を示す。

2. 各分担研究の要約

1) プライオメトリックスの効果に関する研究(勝田班員)

短期間のプライオメトリックトレーニング(プライオメトリックス)が、骨格筋の機能的・構造的特性に及ぼす影響について検討した。

本研究では、運動に参加する筋群をある程度限定することができ、技術的要素の関与が少ない肘関節屈曲運動を用いてプライオメトリックスの効果を検討するために、トレーニング機器の試作を行い、男子体育専攻学生27名を、プライオメトリックス群(P群)16名、ダイナミックトレーニング群(D群)11名に分け、肘関節屈曲筋群に対して

1) 筑波大学体育科学系 2) スポーツ医・科学研究所
3) 大阪体育大学 4) 日本体育大学 5) 国際武道大学

7週間のトレーニングを行った。①P群、D群ともトレーニング前後で比較すると爆発的筋力の指標である力の立ち上がりの統計的に有意な改善が認められた。②D群ではトレーニング後60°、180°/secにおける等速性筋力の改善が認められたのに対して、P群ではいずれの速度においても有意な変化は認められなかった。③P群では11.5%、D群では5.1%の有意な筋肥大が確認された。④P群における筋肥大率と等尺性最大筋力の増加率はほぼ同じであったが、D群においては筋力の増加率の方が大きかった。

これらのことから、プライオメトリックトレーニングの効果は機能面（爆発的筋力向上）のみならず構造面（筋肥大）においても確認された。しかし同時に筋損傷が生じる可能性も示唆され、トレーニング実施にあたっては伸張局面の負荷、トレーニング頻度、休息には十分な配慮が必要であると思われる。

2) ジャンプ力向上のためのトレーニングに関する研究（金久班員）

本研究では、ジャンプ力向上に関し、①筋力、筋パワー、体肢組成の各要素と垂直跳び能力との関係、②ジャンプ・トレーニングを中心とする反動的、衝撃的要素の強い筋強化がジャンプ力に及ぼす影響、の各観点から検討した。被検者は、①が男子体育大生バスケットボール及びバレーボール選手であり、②はバスケットボール、バレーボール、及び跳躍選手であった。

その結果、①では、等速性、短縮性、伸張性の各収縮様式による脚伸展力は、垂直跳びの跳躍高との間にいずれも有意な相関関係は認められなかった。それに対し足底屈力は、スクワット姿勢から（SJ）、アーム・スイングなしで、反動を伴う（CMJ）、アーム・スイング及び反動のいずれも伴う（MAJ）、の各垂直跳び動作における跳躍高との間に有意な相関関係が認められた。スクワット姿勢からの立ち上がり動作における発揮パワーも、いずれの動作様式における跳躍高とも有意な相関関係にあった。また筋そのものの量より、脂肪量及び身体に占める脂肪の割合が跳躍高に影響をもつことが示唆された。

②では、(1)バスケットボール、バレーボール選手を対象に週3日の頻度で5週間のトレーニング、(2)陸上競技跳躍選手を対象に週3日の頻度で約2ヶ月半の筋強化トレーニングをそれぞれ種目トレーニングと平行して実施した。

その結果、(1)スポーツ選手においては、補強トレーニングと種目トレーニングが平行して実施されたとしても、強化後の筋出力及びジャンプ・パフォーマンスの変化は、補強トレーニングの内容を反映したものになる、(2)スピード重視の反動的動作による筋強化は、それと同様な動作様式が主体となる跳躍運動のパフォーマンス向上に効果をもつ、③スピード重視及びプライオメトリック・トレーニングによる筋強化は、連続的跳躍運動におけるパフォーマンス向上には効果的であるが、単発的跳躍運動におけるパフォーマンスに対する効果に関しては今後さらに検討を要することが示唆された。

3) 下腿三頭筋のリバウンド効果——体操選手と水泳選手の比較（伊藤班員）

プライオメトリックトレーニングの効果を検討するため、成人男子体操選手と成人男子水泳選手、および一般成人を被検者に用い、膝を伸ばしたまま足関節の屈伸だけで行なう“つま先ジャンプ”を、1)反動を使わず断続的な全力ジャンプ(NCJ)と、2)反動を利用した連続的な全力ジャンプ(RBJ)の条件下で行なわせ、以下の結果を得た。

①NCJとRBJの鉛直変位は、体操選手がそれぞれ13.8と21.8cm、水泳選手が10.1と12.0cm、一般成人が10.5と15.3cmであった。②すなわち、反動を利用することによる鉛直変位の増加(RBJ-NCJ)は体操選手が最も大きく約8cm ($p < 0.005$)、一般成人は4.8cm ($p < 0.005$)であったが、水泳選手には有意な増加が認められなかった。③水泳選手17名のうち7名についてはNCJの鉛直変位によりRBJのそれの方が小さいという結果を得たが、体操選手と一般成人においては見られなかった。④筋収縮速度、筋張力、筋パワーはNCJでは体操選手と水泳選手に差が見られなかったが、RBJでは体操選手の方がそれらすべてに高い値を示した。なかでも筋パワーに最も大きな差があった。

⑤ EME の結果から見積もった (NCJ の機械的効率を25%と仮定した比率計算)体操選手の RBJ の効率は約41%, 水泳選手は約29%であった。⑥ RBJ の平均 EMG 振幅 (NCJ の平均振幅に対する相対値) は、負の仕事局面と正の仕事局面ともに体操選手の方が水泳選手より大きかったが、とくに正の仕事局面に大きな差があった。

以上の結果から、水泳選手がプライオメトリック的なジャンプ運動において、反動動作を利用して出力と効率を高めることが出来なかったことは、正の仕事局面での EMG 活動レベルの低いことが一部原因しており、これは長期間の水泳トレーニングが抗重力筋に及ぼした、衝撃を受止め弾ねかえす運動能力に関する非トレーニングの影響であると示唆された。

4) Drop Jump における下肢の関節間力に関する研究 (伊坂班員)

ある高さの台から跳び降り着地後に垂直跳びをさせる drop jump (DJ) には、大きく 2 つの技術がある。その 1 つは、台からの着地直後に垂直跳びをさせる跳躍動作 (bounce drop jump : BDJ) であり、他の 1 つは着地後に反動動作をさせて垂直跳びを行わせる方法 (counter-movement drop jump : CDJ) である。本研究では体育専攻学生 3 名を被検者として、BDJ と CDJ の 2 種類の DJ を 20, 30, 50cm の台高から行わせたときに、下肢関節に作用するモーメントを定量化し、至適台高ならびに各下肢関節モーメントと跳躍技術および台高条件の関係を検討した。BDJ20, 30, 50の接地時間は0.23, 0.21, 0.26秒であり、身体重心位置が最下点に達した瞬間から離床までの push-off 局面の時間はそれぞれ0.10, 0.08, 0.11秒であった。一方、CDJ20, 30, 50の接地時間および push-off 局面の時間は、0.36, 0.37, 0.41および0.14, 0.16, 0.17秒であった。足関節に作用したモーメントの最大値を比較してみると、BDJ は、いずれの台高の CDJ よりも高い値を示し、そのなかでも BDJ30 が最高値 (444Nm) であった。CDJ は CMJ と近似した値であった。膝関節についても足関節とはほぼ同様の傾向がみつめられたが、最高値が得られたのは、BDJ50であった。股関節については、い

れの DJ も CMJ より大きなモーメントが作用した。BDJ では台高30cm のとき最大 (405Nm) であり、CDJ では30cm のときが最大 (308Nm) であった。着地時の衝撃力と考えられる downward 局面での床反力の peak 値は、台高が増すにしたがい高くなった。しかしながら、CDJ (体重の約 3 - 4 倍) はいずれの BDJ (体重の約 5 - 6 倍) よりも低い値であった。

以上のことから、DJ トレーニングを開始する初期の段階では、30cm の台高からの CDJ が勧められる。トレーニングの水準が高まるにつれ、CDJ の台高を上げて行き、50cm の台高でのトレーニングが終了した段階で、台高を30cm に下げて BDJ に移行し台高条件を強めていく方法が、下肢関節の傷害を防止するうえで望ましいと考えられる。

5) デプスジャンプにおける台高と膝曲げ動作の相違が跳躍高と下肢筋にかかる負荷の特性に及ぼす影響 (高松班員)

デプスジャンプにおける台高と踏切中の膝曲げの特性に及ぼす影響を明らかにするために、男子体育専攻学生10名を対象にして、0.3, 0.6, 0.9, 1.2m の台高から、「浅い (110~130度)」「中くらい (70~90度)」「深い (30~50度)」膝曲げ動作によるデプスジャンプを全力で行わせた。結果は次のとおりである。

- ① 台高が高くなるにつれて、踏切前半では地面反力でとらえた最大力は大きくなり、腰、膝、足関節の最大トルク、最大パワー(負)、絶対仕事なども大きくなった。しかし、踏切後半では腰、膝、足関節の最大トルク、最大パワー、絶対仕事などは変化せず、跳躍高も変化がなかった。また、大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋の iEMG、mEMG は踏切前半、後半ともに変化がなかった。
- ② 踏切中の膝曲げ動作が大きくなると、踏切前半では腰、膝、足関節の絶対仕事は大きくなったが、地面反力でとらえた最大力は小さくなり、腰、膝、足関節の最大トルクも小さくなった。踏切後半では地面反力でとらえた平均力は小さくなり、腰、膝、足関節の最大トルクや最大パワーは変化しないかまたは小さくなったが、踏切時間が長くなるために、腰、膝関節の絶対仕事は大きくなり、

その結果跳躍高も高くなった。また、踏切前半では大腿直筋と前脛骨筋、踏切後半では大腿直筋、前脛骨筋、腓腹筋の iEMG が大きくなった。

③ 台高が高くなるにつれて、また膝曲げ動作が大きくなるにつれて、腰、膝関節の相対仕事は大きくなり、足関節の相対仕事は小さくなった。

上述の結果は、デプスジャンプの跳躍高や下肢筋にかかる負荷の特性は、台高や膝曲げ動作の相違によってかなり変化することを示すものである。したがって、デプスジャンプトレーニングを行なう場合には、トレーニングの目的に適した台高と膝曲げ動作を選択する必要があると考えられる。

3. 得られた主な成果のまとめ

1) プライオメトリックトレーニングによって、従来いわれているような筋力の改善と同時に、神経系の改善が期待できそうであるということ。それはたとえば、①このトレーニングによって力の立上がり速度が早くなること、②技術性の面からみて、トレーニングに用いる動きは、そのスポーツ種目に関係のある動きを使って行った方が効果的であること、などによって説明できる。

2) プライオメトリック的な負荷を与えた場合、それに対する反応には特殊性があり、個人のトレーニングの履歴に関係していること。たとえば水泳選手と体操選手を比べると、水泳選手の方がプライオメトリック的なジャンプ運動で反動を利用することが下手である、ということからこのよう

なことが考えられる。また、このことはプライオメトリック的な能力はトレーニングによって発達させることができる可能性があることを示すものでもある。

3) プライオメトリックトレーニングの方法に関して、デプスジャンプを例にとると、このジャンプは台高、膝曲げ動作を規定してできるが、望ましい台高は反動つき30cm →徐々に反動つき50cm へ→反動なし30cm →徐々に台高増加が考えられ、また、膝曲げ角度のちがいによってもトレーニング効果が異なるので、やや深い膝曲げ→浅い膝曲げが有効と考えられる。いずれにせよ体力レベルに応じたトレーニング負荷の規定が必要であると考えられる。

4. 今後の課題

コーチングやトレーニングの現場に役立つであろうと思われる方向からみた今後の課題をいくつか列挙すると、①被検者を類型化して観察すること——発育段階差、性差、種目差、鍛練差などに応じた負荷のかけ方の検討、②安全性の検討——負荷の強さ・量・頻度・開始時期、用いる用具・場所の検討など、③競技スポーツにおけるトレーニングプログラムへのとり入れ方、④選手がこのトレーニングをどのようにとり入れているのかの実態をつかむためのフィールド調査、などが考えられる。一層の研究の進展が望まれる。