

琉球大学学術リポジトリ

プッシュアップ運動における伸張－短縮サイクル評価と投能力との関係

メタデータ	言語: ja 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2024-03-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 砂川, 力也, 福地, 修也 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24564/0002020202

プッシュアップ運動における伸張－短縮サイクル評価と投能力との関係

砂川 力也¹⁾・福地 修也²⁾

Relationship between stretch-shortening cycle evaluation
and throwing ability in push-up exercise.

Rikiya SUNAKAWA¹⁾, Shuya FUKUCHI²⁾

要 旨

本研究は、投能力を評価するプッシュアップ運動のテスト開発とその妥当性について検討することを目的とした。対象者は、運動習慣を有する健常な男女大学生25名（男性：15名，女性：10名）であった。測定は、身体組成，ベンチプレス最大挙上重量，ベンチプレスパワー，3条件のプッシュアップテスト，2条件のハンドボール投げを行い，投能力と各パラメータとの関係，プッシュアップテストによる投能力評価の妥当性について検討した。その結果，座位および立位でのハンドボール投げの速度と最大筋力および筋パワーとの間に有意な正の相関関係が示された。プッシュアップにおけるピークパワーとハンドボール投げのパラメータとの間に有意な正の相関関係が示されたが，テスト間での違いは認められなかった。また，ハンドボール投げの上位群と下位群を比較した結果，すべてのパラメータで下位群よりも上位群が有意に高値を示した。以上のことから，投能力には少なくとも上半身の筋力や筋パワーが関与しており，いずれのプッシュアップテストにおいても投能力を評価できることが示唆された。

1. 緒言

「投げる」とは、「手に持っている物体に，持っている手によって速度を与えて空中に放す動作である」と定義され（桜井，1992），手の速度を最大限に高めることが最終的な投球速度を決定する要因となる。例えば，陸上競技の槍投げでは，初速3 m/sの違いで15mもの飛距離の差を生じさせることから（青山ら，1994），投運動において最終的に上肢末端の速度を高めることが重要であると言える。しかし，投動作は上肢のみで行われるのではなく，例えば，右投げの場合，左脚が接地した後，膝の速度が増加し，次いで腰，肩，肘，手首，そしてボールの順に各部位の速度のピークが時間的にずれながら増加する，いわゆる運動連鎖によって成り立っている。このように，下肢で生成した力を効率よく上肢へ伝え，手の速度を速めることでより大きな力を発揮することができる。

最終的な手の速度を速めるためには，効果的なパワー発揮能力が求められる。効果的に大きなパワーを発揮するためには，反動動作として知られる伸張－短縮サイクル（Stretch-shortening cycle：以下SSC）運動を用いることが不可欠である（Wilson, et. al., 1992）。これは，反動動作によって筋－腱複合体を一旦伸張させることで，伸張反射（Jones and Watt, 1971）や増強効果（Bosco, et. al., 1981）が誘発され筋の張力を高めることができること，筋および腱の弾性要素に貯蔵した弾性エネルギーを再利用できること（Asmussen and Bonde-Pertersen, 1974; Komi and Bosco, 1978）などに由来する。SSC運動は主に，下肢，体幹，上肢に分けられるが，陸上競技の投擲選手を対象としたSSC運動の研究では，両脚および左右片脚リバウンドジャンプ能力と競技成績との間に有意な相関関係が認められている（竹内ら，2014）。蔭山ら（2014）は，大学野球選手において，投球速度の高い投手の特徴

¹⁾ 琉球大学教育学部 University of the Ryukyus Faculty of Education

²⁾ 茨城キリスト教大学 Ibaraki Christian University

として、体幹部の捻転動作によるSSC運動が効率よく行われていることを明らかにしている。上肢のSSC運動においては、田内ら(2006)が「槍投げの競技成績に優れるものは、コンセントリックスローで発揮される筋の短縮性収縮パワーに優れる傾向にあるが、加えてSSC運動の効果をよりうまく利用することによってリバウンドスローにおける発揮パワーを増大させている」と述べている。このように、投能力に優れるものはこれらの下肢・体幹・上肢のSSC運動を有効利用していることがわかる。

ところで、投動作の獲得について、奥野ら(1988)は、オーバーハンドスロー学習の適時期は、男子は小学校低学年、女子は低・中学年に存在すると報告している。また、小林ら(2012)は、小学2, 4, 6年生男女を対象に、投動作の特徴を検討した結果、各学年の上位者では、男女とも学年が上がるにつれ投距離と初速度が増大し、投距離と初速度に有意な正の相関関係があったことを報告している。そしてこれらは、男子では下半身の関与、女子では最適な投射角の獲得によるものであると考えられる。このように、体力要因の一つである投能力は10歳前後で獲得され、数年間で著しく発達する。発育期にある児童の投能力を適切かつ詳細に評価していくことは、投動作の獲得やその後の指導においても重要であると言える。

投能力の評価については、これまで様々な研究が行われてきた。高本ら(2003)や滝沢と近藤(2017)は、投動作を5パターンに分類し評価を行い、投能力に優れる者は、足の踏み出しや体重移動、フォロースルーなど体全体を使って投球していることを報告している。これらの評価は一定の妥当性や信頼性を有しているが、動作の文言化が多く観察者の知識や経験が無ければ評価することは難しい。観察評価以外では、体力・技能を記録として数量化しフィードバックできるコントロールテストが実施されている。コントロールテストでは走種目、跳躍種目および投擲種目に大分され、陸上競技における投擲競技者の体力と競技力との関連性を評価するための種目例としては、30mダッシュ、砲丸フロント・バック投、段跳、ウエイト系などの種目をを用いる(高梨, 2010)。種目別に見ると、槍投げ選手は助走を用いるとい

う競技特性上、走能力や段跳びや連続リバウンドジャンプなどの跳能力に高い相関関係が見られる。一方、サークル系種目では、砲丸フロント・バック投やクリーン、スナッチの全身系種目など、反動をつけて一気にパワーを発揮する種目に高い相関関係がみられたと報告している(藤井, 2016)。しかしながら、投擲競技を対象とした例は少なく、その実施種目の妥当性や再現性について不明確な部分が多い(高梨, 2010)。野球選手を対象としたコントロールテストでは、メディシンボールを使ったSSC運動にて投能力を評価している。これらは、適切な場所や道具があれば測定の精度が高くなると考えられるが、それらが揃わない場合は環境的要因に左右されることも否めない。そのため、測定精度を維持し、より簡易的な方法を開発することは極めて重要な課題であると考えられる。

陸上競技者の上肢のSSC能力をピストン型運動であるプッシュアップで測定した田内ら(2002b)の先行研究では、上肢と下肢ではSSC運動における予備伸張の効果が大きく異なることを示唆している。下肢のSSCを評価する際、反動を用いたカウンタームーブメントジャンプや、接地時間の短縮及び跳躍高の増大を目的に行う連続リバウンドジャンプを測定することが多い(図子と高松, 1995; 岩竹ら, 2002; 佐久間ら, 2009; 有賀ら, 2012)。とりわけ、これらのジャンプ動作を上肢運動で遂行する場合、プッシュアップの動作となるが、下肢で行う跳躍運動と同様に、一旦地面から離れた手を再び接地しなければならない。しかし、上肢の身体部分質量比は下肢と比較して小さいため、接地の際にかかる身体への負担が大きく危険性が高まる恐れもある。田内ら(2002b)の研究によれば、これらの課題を解決するために、大転子よりも下部を台に載せ、3種類のプッシュアップを測定している。しかしながら、これらの方法では、大転子付近を支点としているため、動作中に少なからず股関節の屈伸筋群が関与していることは否定できない。また、台高が30cmで統一されていることから、被験者の身体特性に応じた測定方法を検討する必要性もあるであろう。

そこで本研究では、大学生を対象に投能力を評価するプッシュアップ運動のテスト開発と、その妥当性について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

対象者は、1日30分以上の運動を週2回以上継続して行っている健常な男女大学生25名（男性：15名，女性：10名，年齢：19.9±1.1歳，身長：165.9±8.1cm，体重：59.9±8.6kg，体脂肪率：16.1±6.5%，BMI：21.7±2.0kg/m²，プッシュアップ姿勢体重^{注1)}：39.9±6.6kg）とした。本研究は、ヘルシンキ宣言の趣旨を遵守して行われ、すべての参加者に研究計画書および同意書を配布し、研究計画の概要、個人情報保護、非侵襲および安全管理、インフォームドコンセントに関する説明を口頭および書面にて行い、実験参加への同意を署名により得た。また、同意撤回書により実験参加を辞退できる権利について告知し、実験参加者が不利益を受けないように配慮した。

2.2 測定項目および測定方法

1) 身体組成

対象者の身長 (cm) は、身長計を用い小数点第一位までを記録した。体重 (kg)、体脂肪率 (%)、BMI (kg/m²) については、インピーダンス方式の身体組成計 (Inner scan 50V TANITA) を用いて計測した。プッシュアップ姿勢体重は、体重計の上に肩幅で両手を置き、体が一直線になる姿勢で測定した。この時、体重の66.4±2.3%を支持することとなった。なお、対象者には測定の前2時間前までに食事を済ませるように事前に指示した。

2) ベンチプレス最大挙上重量測定

最大挙上重量測定は、上半身の筋力評価で代表的なエクササイズであるベンチプレス (Bench press: 以下, BP) を採用した。対象者にはジョギング、ストレッチ、10kgまたは20kgのシャフトを用いたベンチプレス動作をウォーミングアップとして行わせた後、BPの最大挙上重量 (One-repetition maximum: 以下, 1RM) を直接法にて測定した。試技は、1セット目に自己申告する重量で6～8レップ、続いて任意の重量を付加し、3～5レップ行った。3セット目以降は、1レップずつ行い、2.5～5.0kgの範囲で漸増させ、挙

上に失敗した直前の試技を1RMとして記録した。試技は6セット以内で終了するように重量を調節し、セット間は疲労の影響を考慮して、少なくとも3分以上の十分な休息を設けた。

3) ベンチプレスパワー測定

BPパワーは1RMで得られた値から30%1RMを算出し、電子音 (30bpm) に合わせてバーを下降させ、バーが胸部に触れた直後に最大速度での挙上を行った。これらの動作を5回連続で行い、胸部でバーをバウンドさせる、故意に腰を浮かすなどの反動動作は行わないよう指示した。測定の際、リニアポジショントランスデューサー (GymAware Power Tool, Kinetic Performance Technologies, Canberra, Australia) を用いてPeak power (以下, PP) を計測し、最大値を分析対象とした。

4) プッシュアップテスト

上肢の爆発的パワーを評価するために以下のテストを実施した。①短縮性筋収縮のみの運動であるコンセントリックプッシュアップ (以下, CPu) ②SSC運動であるカウンタームーブメントプッシュアップ (以下, CMPu) ③同, リバウンドプッシュアップ (以下, RPu)。これらのプッシュアップは、対象者における筋力等の個人差を考慮し、身体と床面がなす角度を45度にした姿勢から運動を開始することを条件とした。なお、体幹部の動作関与を避けるため、常に身体を一直線にして行うよう指示し目視で判定した。測定には、リニアポジショントランスデューサーを用いて、プッシュアップでのPP, Peak force (以下, PF), Peak velocity (以下, PV) を計測した。CPuとCMPuは3回の計測でパワーが最大となる値を、RPuは4回行わせ最初の1回を除いた3回の中からパワーが最大となる値を分析対象とした。

5) ハンドボール投げ

ハンドボール投げは、2号球 (周囲:55cm, 直径:18cm, 重量:350g) を使用し、投球方法はワンステップでのスタンディングスローおよび、投球方向と前額面が直交するように椅子 (42cm) に

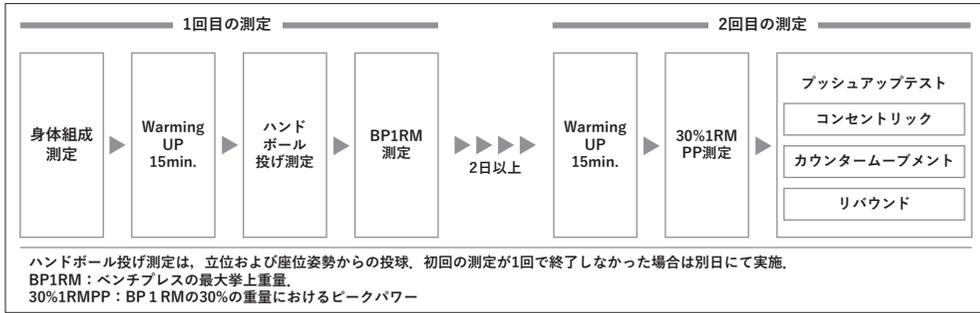


図1 実験手順

着座し、能動的な肩関節最大屈曲位で停止した状態から体幹の捻転、屈曲を用いず、肩および肘関節の屈曲・伸展のみを用いて投球を行うシーテッドスローの2種類とし、いずれの試技も目線の高さに向かって全力で投球するように指示した。試技はランダムに実施し、両条件とも5回行った。対象者の後方1mよりスピードガン（スポーツレーダートレーサー，SRA3000，ダイナテック）を固定設置したうえで初速を測定し、最大値を分析対象とした。

2.3 実験手順

本実験は初めに身体組成、ハンドボール投げ及びBP 1RMの測定を行った。しかし、これらの測定が1日で終了しない場合はハンドボール投げの測定を別日に行った。次にBP30% 1RM, CPu, CMPu, RPuの順に測定を行った。なお、被験者の疲労の影響を考え、各測定日の間隔は少なくとも2日以上とした（図1）。

2.4 統計処理

得られたデータは全て平均値±標準偏差で示した。各項目の関係は、ピアソンの積率相関係数を求めた。スタンディングスロー上位群と下位群については、対応のない検定を用いた。3種類のプッシュアップテストの有意差検定には一元配置の分散分析を用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1 測定項目のパラメータと関連性

表1は測定項目の各パラメータを示したものである。投能力の指標であるスタンディングス

ローとシーテッドスローのボールスピードは、それぞれ63.8±13.0km/h, 41.2±7.3km/hであった。上肢の最大筋力および筋パワーについて、BPの1RMは、59.9±19.9kgであり、30%1RM (18.0±6.0kg) のPPは、473.8±180.5Wであった。CPu, CMPuおよびRPuにおけるPPはそれぞれ、734.9±333.0W, 720.9±272.5W, 756.3±317.9Wであり、PFは829.1±324.2N, 808.5±264.6N, 819.3±277.1N, PVは1.2±0.3m/s, 1.2±0.3m/s, 1.3±0.3m/sであった。

表2に測定項目におけるパラメータ間の関係を示したものである。スタンディングスローとシーテッドスロー、BPの1RM, 30%1RM, 3種類のプッシュアップテストにおけるPP, PFおよびPVとの間に有意な正の相関関係が認められた。

表1 測定項目の各パラメータ

測定項目	平均値±標準偏差	最小値-最大値
スタンディングスロー (km/h)	63.8 ± 13.0	39.0—84.0
シーテッドスロー (km/h)	41.2 ± 7.3	30.0—46.0
BP_1RM (kg)	59.9 ± 19.9	30.0—90.0
BP_30%1RM_W (kg)	18.0 ± 6.0	9.0—27.0
BP_30%2RM_PP (W)	473.8 ± 180.5	192.4—785.1
CPu_PP (W)	734.9 ± 333.0	327.3—1677.6
CPu_PF (N)	829.1 ± 324.2	398.0—1586.1
CPu_PV (m/s)	1.2 ± 0.3	0.8—1.7
CMPu_PP (W)	720.9 ± 272.5	324.1—1305.0
CMPu_PF (N)	808.5 ± 264.6	428.3—1371.6
CMPu_PV (m/s)	1.2 ± 0.3	0.8—1.7
RPu_PP (W)	756.3 ± 317.9	316.6—1385.8
RPu_PF (N)	819.3 ± 277.1	453.8—1393.3
RPu_PV (m/s)	1.3 ± 0.3	0.8—1.7

BP: Bench press, CPu: Concentric push up, CMPu: Counter movement push up, RPu: Rebound push up, 1RM: One-repetition maximum, PP: Peak power, PF: Peak force, PV: Peak velocity

表2 各測定項目の相関関係

	スタンディングスロー	シーテッドスロー	スタンディングスロー	BP_1RM	BP_30%1RM_PP	CPu-PP	CMPu-PP	Rpu-PP	CFu-PF	CMPu-PF	Rpu-PF	CFu-PV	CMPu-PV	Rpu-PV
スタンディングスロー	—	0.854**	0.833**	0.869**	0.640**	0.724**	0.697**	0.637**	0.716**	0.653**	0.563**	0.498*	0.502*	
シーテッドスロー	—	—	0.81**	0.801**	0.606**	0.591**	0.624**	0.693**	0.758**	0.742**	0.386+	0.266n.s.	0.324n.s.	
BP_1RM	—	—	0.959**	0.791**	0.786**	0.759**	0.753**	0.834**	0.829**	0.834**	0.457*	0.457*	0.524**	
BP_30%1RM_PP	—	—	—	0.722**	0.714**	0.682**	0.682**	0.726**	0.809**	0.809**	0.408*	0.408*	0.467*	
CPu-PP	—	—	—	—	0.898**	0.877**	0.877**	0.878**	0.863**	0.822**	0.741**	0.584**	0.627**	
CMPu-PP	—	—	—	—	—	0.944**	0.944**	0.729**	0.760**	0.736**	0.824**	0.824**	0.810**	
Rpu-PP	—	—	—	—	—	—	—	0.772*	0.803**	0.759**	0.711**	0.711**	0.83**	
CFu-PF	—	—	—	—	—	—	—	—	0.974**	0.919**	0.424*	0.291n.s.	0.430*	
CMPu-PF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.952**	0.458*	0.322n.s.	0.467*	
Rpu-PF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.414*	0.300n.s.	0.401*	
CFu-PV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.780**	0.714**	
CMPu-PV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.880**	
Rpu-PV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

BP: Bench press, CPu: Concentric push up, CMPu: Counter movement push up, RPu: Rebound push up
 1RM: One-repetition maximum, PP: Peak power, PF: Peak force, PV: Peak velocity
 **: p<0.01, *: p<0.05, +: p<0.1, n.s.: not significant

シーテッドスローとBPの1RM, 30%1RM, 3種類のプッシュアップテストにおけるPPおよびPFに有意な正の相関関係が認められた。BPの1RM及び30%1RMと3種類のプッシュアップテストでは、PP, PFおよびPVにおいて有意な正の相関関係が認められた。

3.2 プッシュアップテストの比較

図2は、3種類のプッシュアップテストにおけるPP, PFおよびPVを比較したものである。いずれのプッシュアップテストにおいても、PP, PFおよびPVに統計的に有意な差は認められなかった。

3.3 ハンドボール投げ上位群と下位群の比較

本研究で得られたスタンディングスローのボー

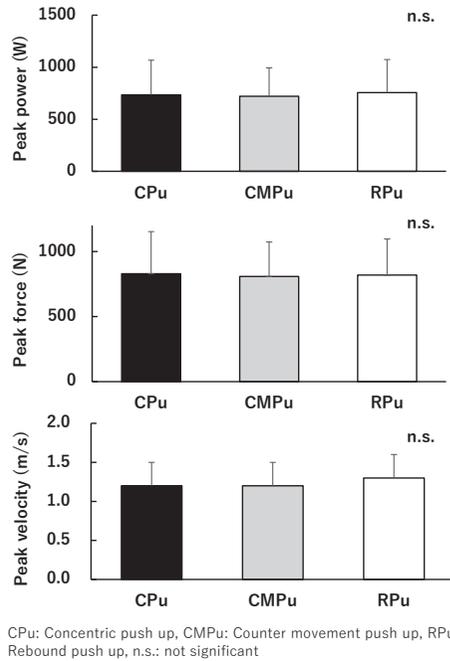


図2 プッシュアップテストにおけるパラメータ比較

ルスビードの平均値 (63.8±13.0km/h) を基準に、上位15名を上位群, 下位10名を下位群とした。2種類のハンドボール投げのボールスピード, BPの各パラメータ, 3種類のプッシュアップテストのパラメータにおいて下位群よりも上位群が有意に高値を示した (表3)。

表3 スタンディングスロー上位群と下位群の比較

測定項目	上位群 (n=15)	下位群 (n=10)	t-Test
スタンディングスロー (km/h)	73.4 ± 4.6	49.3 ± 6.4	**
シーテッドスロー (km/h)	46.0 ± 4.8	33.9 ± 3.6	**
BP_1RM (kg)	74.5 ± 9.7	38.0 ± 6.7	**
BP_30%1RM_PP (W)	604.6 ± 98.8	277.5 ± 50.9	**
CPu_PP (W)	939.8 ± 277.8	427.6 ± 63.7	**
CPu_PF (N)	1023.8 ± 275.5	537.1 ± 82.0	**
CPu_PV (m/s)	1.4 ± 0.2	1.0 ± 0.1	**
CMPu_PP (W)	900.5 ± 196.4	451.6 ± 83.2	**
CMPu_PF (N)	983.6 ± 191.3	545.7 ± 71.5	**
CMPu_PV (m/s)	1.4 ± 0.2	1.1 ± 0.2	**
RPu_PP (W)	961.9 ± 240.3	448.0 ± 87.8	**
RPu_PF (N)	996.4 ± 213.4	553.5 ± 77.1	**
RPu_PV (m/s)	1.4 ± 0.2	1.1 ± 0.2	**

BP: Bench press, CPu: Concentric push up, CMPu: Counter movement push up, RPu: Rebound push up, 1RM: One-repetition maximum, PP: Peak power, PF: Peak force, PV: Peak velocity
 **: p<0.01, *: p<0.05, +: p<0.1, n.s.: not significant

4. 考察

4.1 対象者の投能力および筋力レベルについて

本研究は、投能力を評価するためにハンドボール投げにおいて、助走を伴わない全身での投球と上肢の動作のみで行う投球の速度を計測した結果、両投球の速度との間に非常に強い有意な正の相関関係が認められた。つまり、本実験に参加した対象者は、全身を使った投球速度が高い者ほど、下肢や体幹動作を制限した場合でも投球速度に影響を与えないことが明らかとなった。投動作における飛距離は、初速度と投射角度が大きな要因であるが、適切な投射角度が確保されれば、初速度の増大が飛距離の向上に大きく貢献すると言える。一般的に、投射体の運動の到達距離は初速度の二乗に比例することから、投射角度に比べて初速度の影響が非常に大きい。本実験の対象者が実施したスタンディングスローの速度は全体平均で約64km/hであり、上位群は約74km/h、下位群は約49km/hを示していた。大学ハンドボール選手のシュート速度は、男性で約80m/s (當間ら, 2018) 女性で60km/h (石井ら, 1989) とされている。また、対象者の身体的特性から投射高を1.8m、投射角を40度と仮定し、全体平均の初速度から距離を計算すると34.8±12.4mとなる。

これを新体力テストの得点に換算 (文部科学省, 2000) すると、10段階評価の9.2±1.5点となる。これらは、本研究の対象者の投能力は、専門的な競技レベルよりは劣るものの、少なくとも一般的な水準以上であることを示すものである。一方、上半身の筋力評価であるBPの1RMを見てみると、男性の平均値が約75kg、女性が約38kgであった。人の骨格筋は、横断面積1cm²あたり3~7kgの筋力を発揮することができることから、最大筋力は筋横断面積に比例し、当然、筋力の増加は除脂肪体重の増加を意味する。つまり、1RMを最大筋力として評価する場合、対象者の体重値を考慮し、相対筋力で示す必要がある。本研究の1RMに対する体重比はそれぞれ、男性1.15、女性0.73を示していた。林ら (2009) の研究によると、週1回の筋力トレーニングを7~10週間行わせた大学生男女のBP1RM体重比は、男性0.87、女性0.55であったと報告している。このことから本実験に参加した対象者の体力は、一般的あるいはそれ以上の水準であることが明らかとなった。

4.2 投能力と各パラメータとの関係

本研究では、投能力の評価として遠投距離に最も影響を及ぼす初速度と、上肢の筋力、筋パワー及び、我々が考案したプッシュアップテストの関連性について検証した。その結果、2条件のハンドボール投げともに速度、最大筋力および筋パワーとの間に強い正の相関関係が認められた。これまで、投球速度と筋力との関係を調査した研究は、投射体の大きさや形状は異なるものの、下肢の筋力との間に有意な相関関係が示されている。澤村ら (2006) は、野球選手を対象とした場合、スクワットの最大挙上重量と投球速度との間に正の相関関係が認められ、投球速度の向上には、下肢筋力の増大が影響していることを示唆している。これは、股関節伸展動作を伴いながら身体重心を投球方向へ移動させる際に、大きな地面反力の獲得が投球速度に依存していることと考えられる (MacWilliams, et. al., 1998)。一方、上肢の筋力と投球速度の関連性を調べた研究は希少であるが、田中ら (2004) は、ハンドボール投げの遠投距離と上半身の筋群である、握力、背筋力、肩関節外転筋力との間に有意な相関関係が認めら

れたと報告している。加えて、遠投距離とベンチプレスの最大挙上重量との間には関連性はなかったと結論付けており、本研究とは異なる結果となった。その理由として、先行研究では投能力を飛距離で評価しているのに対し、本実験では投球の初速度を評価していることが考えられる。遠投距離は初速度が高値を示した場合でも、その投射角度が不適切であった場合には、飛距離の増加に反映されない可能性も否めない。前述したように、遠投距離には初速度と投射角度が影響することからも投射角度の再現性が不明確であれば、投能力の評価として投球速度を採用するほうが妥当的であると考えられる。このことから本研究で示された上肢の筋力および筋パワーは投能力の向上に影響を及ぼすことが示唆された。

4.3 プッシュアップテストによる投能力評価の妥当性

本研究では3条件のプッシュアップテストにおけるPPと2条件のハンドボール投げ全てにおいて有意な正の相関関係が認められた。プッシュアップ運動では上腕三頭筋や大胸筋、三角筋が活動筋となるが、本実験で用いた方法は、手の接地位置を肩峰幅と定義している為、肩関節の外転位がほぼ0度である。一般的に行われているプッシュアップ運動と比べ大胸筋の活動が制御され、その代償として肘関節の伸筋群の貢献が増すことが考えられる。斎藤ら(2001)は、投動作中の上肢筋群について筋電図を用いて調べた結果、投球速度と上腕三頭筋の筋放電には有意な相関関係が認められており、肘の伸張速度が投球速度を左右する一因であると述べている。本研究で採用したプッシュアップ動作は、主に上腕三頭筋の短縮速度の増大により大きな力発揮が可能となる為、投球速度と関連のある筋力やパワーを評価できる可能性が示唆された。

次いで、投球速度を基準に上位群、下位群に分け各パラメータを比較した結果、全ての項目において上位群が下位群に比べ有意に高値を示した。勝亦ら(2006)は、上腕及び肩関節などの近位部の筋力及び筋量を向上させることによって、投球速度を改善できる可能性を示唆している。また、上半身の筋力とハンドボールの遠投距離に有意な相関関係が認められたという報告(田中ら, 2004)からも、投球速度には筋力が影響していることが推察される。これらのことから、投球速度の高い者は上半身の筋力も高く、プッシュアップ能力の高い者は筋力も高いことがわかる。本研究で、プッシュアップテストとハンドボール速度の間に有意な正の相関関係が認められたことから、本実験で採用したプッシュアップテストは、一定の投能力を評価することが可能であると考えられる。

これまで、下肢のSSC運動に関する研究は多く行われており、その中でも比較的短い時間に爆発的な力発揮が必要となるドロップジャンプが用いられてきた。ドロップジャンプの能力を高めるには、筋力や瞬発力を高めることが必要である(図子と高松, 1995)が、これらの力発揮を可能にしているのはアキレス腱による働きである。アキレス腱は着地とともに伸張し、主運動局面の開始とともに短縮される典型的なSSC運動を行っている。一方、槍投げ選手を対象に、能動的な最大肩関節屈曲位に両手を挙げた状態からメディスンボールを投げさせ、上肢のSSC能力を評価した研究によると、競技成績に優れる者は、SSC運動を効果的に利用しており、その結果、筋の短縮性収縮パワーが高い傾向にあると報告している(田内ら, 2006)。また、田内ら(2002b)はプッシュアップ運動時において、反動動作の有無が床反力に大きな影響を及ぼすことを報告している。一方で、上肢と下肢の解剖学的な構造の違いから、上肢と下肢のSSC運動における予備伸張の効果は大きく異なることを示唆している。本研究は、上肢のSSC能力を評価する試みで、異なる3条件のプッシュアップテストを実施した結果、各パラメータに統計的な差は認められなかった。カウンタームーブメントジャンプやリバウンドジャンプのような下肢のSSC運動では、アキレス腱が即座に伸張負荷を受け止め、エネルギーへと変換し短縮局面に再利用している。しかし、上肢には下肢のアキレス腱のような強い弾性力を有する腱組織が無いといった解剖学的な構造の違いがあり、バーに手が接地する際に筋及び腱に過度の負荷がかかり筋の活性レベルが低下してしまった(Gollhofer and Schmidtbleicher, 1988; Houk, 1979)ため、いずれの項目においても有意な差が認められな

かった可能性が考えられる。つまり、本研究で実施した全てのプッシュアップテストにおいて投能力を評価できることが示唆された。しかしながら、投動作における上肢のSSC能力を評価する場合、下肢とは異なる評価方法が存在する可能性が考えられる。

注1)「プッシュアップ姿勢体重」とは、プッシュアップ時に上肢が支持する体重のことである。体重計の上に肩幅で両手を置き、体幹部と下肢を一直線にしたプッシュアップ姿勢における体重を測定した。

5. 結論

本研究は、健常な大学生25名を対象に、投能力を評価するプッシュアップテストの開発とその妥当性について検討することを目的とした。その結果、以下の点が明らかとなった。

1. スタンディングスローおよびシーテッドスローと最大筋力、筋パワーとの間に有意な正の相関関係が認められ、投球速度を高めるには、上半身の筋力や筋パワーの増大が必要であることが示唆された。また、スタンディングスローと3条件のプッシュアップテストにおけるPP、PFおよびPVに有意な正の相関関係が認められた。シーテッドスローにおいては、3種類のプッシュアップテストにおけるPPおよびPFにのみ有意な正の相関関係が認められた。
2. 全てのプッシュアップテストにおけるPP、PFおよびPVに統計的に有意な差は認められず、いずれのプッシュアップテストにおいても投能力を評価できる可能性が示唆された。
3. ハンドボール投げ上位群と下位群を比較した結果、全てのパラメータで上位群が有意に高い値を示した。

以上のことから、投能力には少なくとも上半身の筋力や筋パワーが関与しており、いずれのプッシュアップテストにおいても投能力との関連性が認められた。しかし、投動作における上肢のSSC

能力をプッシュアップ運動で評価する場合は、下肢とは異なる評価方法を用いることが妥当であると考えられる。

文献

- Asmussen, E. and Bonde-Petersen, F. (1974) Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta. Physiol. Scand.*, 91 (3) : 385-392.
- 青山利春, 若山章信, 桜井伸二, 池上康男, 岡本敦 (1994) 65mクラスと90mクラスの槍投げ動作比較. *体育・スポーツ科学研究*, 1 : 11-15.
- 有賀誠司, 積山和明, 藤井壮浩 (2012) 方向転換動作のパフォーマンス改善のためのトレーニング方法に関する研究：女子バレーボール選手におけるリバウンドジャンプ能力に着目して. *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 24 : 7-18.
- Bosco, C., Komi, P.V. and Ito, A. (1981) Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta. Physiol. Scand.*, 111 (2) : 135-140.
- 藤井宏明 (2016) 投擲競技におけるコントロールテストとパフォーマンスの関係について. *環太平洋大学研究紀要*, 10 : 181-185.
- Gollhofer, A. and Schmidtbleicher, D. (1988) Muscle activation patterns of human leg extensors and force time characteristics in Jumping exercise under increased stretch loads. *Biomechanics*, XI-A : 143-147.
- 林直亨, 宮本忠吉 (2009) 週1回の大学授業における筋力トレーニングが筋力に与える影響. *体育学研究*, 54 (1) : 137-143.
- Houk, J.C. (1979) Regulation of stiffness by skeletomotor reflexes. *Annu. Rev. Physiol.*, 41 (1) : 99-114.
- 石井喜八, 藤原侑, 川村宜幸, 上嶋美佐子 (1989) 女子ハンドボール選手のオーバー・ハンドスローの分析. *日本体育大学紀要*, 19 (1) : 9-14.
- 岩竹淳, 鈴木朋美, 中村夏実, 小田宏行, 永澤健, 岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. *体育学研究*, 47 (3) : 253-261.

- Jones, G.M. and Watt, D.G. (1971) Muscular control of landing from unexpected falls in man. *J. Physiol.*, 219 (3) : 729-737.
- 韓一栄, 永吉俊彦, 岸上隆之 (2014) 筋力が遠投およびロングバッティングに及ぼす影響. 神戸医療福祉大学紀要, 15 (1) : 69-74.
- 蔭山雅洋, 岩本峰明, 杉山敬, 水谷未来, 金久博昭, 前田明 (2014) 大学野球投手における体幹の伸張 短縮サイクル運動および動作が投球速度に与える影響. *体育学研究*, 59 (1) : 189-201.
- 勝亦陽一, 長谷川伸, 川上康雄, 福永哲夫 (2006) 投球速度と筋力および筋量の関係. *スポーツ科学研究*, 3 : 1-7.
- 小林行斗, 阿江通良, 宮崎明世, 藤井範久 (2012) 優れた投能力をもつ小学生の投動作の特徴とその標準動作. *体育学研究*, 57 : 613-629.
- Komi, P.V. and Bosco, C. (1978) Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med. Sci. Sports*, 10 (4) : 261-265.
- MacWilliams, B.A., Choi, T., Perezous, M.K., Chao, E.Y. and McFarland, E.G. (1998) Characteristic ground-reaction force in baseball pitching. *Am. J. Sports Med.*, 26 (1) : 66-70.
- 文部科学省 (2000) 新体力テスト実施要項. http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/05030101/002.pdf, (参照日2023/10/20).
- 奥野暢通, 後藤幸弘, 辻野昭 (1989) 投動作学習の適時期に関する研究－小・中学生のオーバーハンドスローの練習効果から－. *スポーツ教育学研究*, 9 (1) : 23-35.
- 斎藤健治, 仰木裕嗣, 市川浩, 井上伸一, 松尾知之, 足立和隆, 宮地力, 高井省三 (2001) 投球スピード漸増および球種の違いによる上肢筋活動の変化. *筑波大学体育科学系紀要*, 24 : 79-88.
- 佐久間香, 西村純, 大畑光司, 市橋則明 (2009) ドロップジャンプ跳躍向上に影響する運動学的要素の検討. *理学療法科学*, 24 (2) : 263-267.
- 桜井伸二 (1992) 投げる科学. *スポーツ科学ライブラリー* (5) 大修館書店：東京, p.2.
- 澤村省逸, 鎌田安久, 栗林徹, 清水茂幸, 上濱龍也, 黒川國児, 副土宏紀 (2006) 野球の投球速度・バットスイング速度に影響をもたらす体力因子. 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要, 5 : 53-62.
- 高本恵美, 出井雄二, 尾縣貢 (2003) 小学校児童における走, 跳および投動作の発達全年を対象として. *スポーツ教育学研究*, 23, 1 : 1-15.
- 高梨雄太 (2010) 陸上競技投擲競技者におけるコントロールテストに関する研究. *東京女子体育大学・東京女子体育短期大学紀要*, 45 : 79-86.
- 竹内宗章, 與名本稔, 有賀誠司 (2014) 陸上競技投てき選手のリバウンドジャンプ能力について. *東海大学スポーツ医学雑誌*, 26 : 39-44.
- 滝沢洋平, 近藤智靖 (2017) 投動作の観察的評価基準に関する研究. *体育科教育学研究*, 33 (2) : 1-17.
- 田中守, 舟越美津, 山内美代子, 田中宏暁, 進藤宗洋, 安田寛, 北林健治 (2004) ハンドボール競技選手の遠投力とベンチプレスによる筋パワーとの関係. *コーチング学研究*, 17 (1) : 99-107.
- 田内健二, 高松薫, 土江寛裕, 磯繁雄 (2006) 槍投げ競技者における上肢の伸張-短縮サイクル運動の遂行能力の評価. *スポーツ科学研究*, 3 : 104-112.
- 田内健二, 尹聖鎮, 栗山佳也, 高松薫 (2002a) 下肢のバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力からみた槍投げ競技者の体力特性. *体育学研究*, 47 (6) : 569-577.
- 田内健二, 尹聖鎮, 高松薫 (2002b) 同一個人の上肢と下肢のSSC運動における力発揮特性の相違. *体育学研究*, 47 (6) : 533-546.
- 當間光, 砂川力也, 菊池雄太, 盛島加菜, 三輪一義 (2018) 8週間の局所別トレーニングが大学男子ハンドボール選手のシュート・ボールスピードに及ぼす影響. *琉球大学教育学部紀要*, 93 : 69-80.
- Wilson, G.J., Elliott, B.C. and Wood, G.A. (1992) Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24 (1) : 116-123.
- 図子浩二, 高松薫 (1995) バリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を決定する要因－筋力及び瞬発力に着目して－. *体力科学*, 44 (1) : 147-154.