２０１０年度　修士論文

クロール泳のパフォーマンスと筋力テストの関係性

Relationship between performance and muscle strength test in upper and lower body in the front crawl.

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科

スポーツ科学専攻　コーチング科学研究領域

５００９Ａ０４１－3

小森谷　勇輝

Komoriya, Yuki

研究指導教員：　奥野　景介　准教授

目次

［頁］

第 1 章　緒言 ・・・ 1

1.1　はじめに ・・・ 2
1.2　先行研究小史 ・・・ 5
1.2.1　体力と競泳競技 ・・・ 5
1.2.2　競泳のクロール泳のパフォーマンスと筋力の関係性 ・・・ 7
1.2.3　クロール泳の競技力向上のための筋力トレーニング ・・・10
1.2.4　本研究の目的 ・・・11

第 2 章　実験方法 ・・・12

2.1　被験者 ・・・13
2.2　実験試技
2.2.1　50m クロール全力泳 ・・・13
2.2.2　POT テスト ・・・14
2.2.3　最大筋力測定　ベンチプレス ・・・15
2.2.4　最大筋力測定　スクワット ・・・16
2.2.5　POT の動作解析 ・・・18
2.3　データ解析および統計処理 ・・・19

第 3 章　結果 ・・・20

3.1　泳パフォーマンスおよび筋力テストの結果 ・・・21
3.2　泳記録と SV, SR, SL および筋力の関係 ・・・23
3.2.1　泳記録と SV ・・・23
3.2.2　泳記録と SR ・・・24
3.2.3　泳記録と SL ・・・25
3.2.4　泳記録と POT ・・・26
3.2.5　泳記録と ベンチプレス ・・・26
3.2.6　泳記録と スクワット ・・・27
3.3　SV と SR, SL および筋力の関係 ・・・28
3.3.1　SV と SR の関係 ・・・28
3.3.2　SV と SL の関係 ・・・29
3.3.3　SV と POT の関係 ・・・30
3.3.4　SV と ベンチプレスの関係 ・・・31

［頁］

3.3.5　SV とスクワットの関係　・・・32
3.4　SR と SL, 筋力の関係　・・・33
3.4.1　SR と SL の関係　・・・33
3.4.2　SR と POT の関係　・・・34
3.4.3　SR と ベンチプレスの関係　・・・35
3.4.4　SR と スクワットの関係　・・・36
3.5　SL と筋力の関係　・・・37
3.5.1　SL と POT の関係　・・・37
3.5.2　SL とベンチプレスの関係　・・・38
3.5.3　SL とスクワットの関係　・・・39
3.6　POT と筋力の関係　・・・40
3.6.1　POT とベンチプレスの関係　・・・40
3.6.2　POT とスクワットの関係　・・・40
3.7　POT の動作解析　・・・41

第 4 章　考察　・・・42

4.1　泳記録と SV, SR, SL および筋力の関係　・・・43
4.1.1　泳記録と SV, SR, SL の関係　・・・43
4.1.2　泳記録と筋力の関係　・・・43
4.2　SV と SR, SL および筋力の関係　・・・46
4.2.1　SV と SR, SL の関係　・・・46
4.2.2　SV と筋力　・・・46
4.3　SR と SL および筋力の関係　・・・48
4.3.1　SR と SL および筋力の関係　・・・48
4.3.2　SR と筋力　・・・48
4.4　SL と筋力　・・・49
4.5　POT と筋力テストの関係　・・・50
4.6　POT の動作解析　・・・51
4.7　POT の活用方法　・・・52
4.8　今後の課題　・・・53
4.9　結論　・・・54
謝辞　・・・55
参考および引用文献　・・・56

第 1 章　緒言

1.1　はじめに

競泳の勝敗はスタート合図からゴールタッチまでの所要時間, すなわち泳記録により決定される (生田 2010). そして, 競泳のパフォーマンスは水中で行われるため, 泳ぐ姿勢によって生じる様々な抵抗, ストロークやキックによって生み出される抗力や揚力を効率よく推進力として利用する技術, そして運動を長時間続ける体力が競技力に影響する (Capelli et al. 1991). つまり, 競技力を向上させるためには, 効率よく推進力を生み出すテクニックや, 広い動作範囲の運動を可能にする関節の柔軟性, そして高い筋力と筋持久力が重要な因子となる (酒井 2005). 特に, 筋力に代表されるような高い身体能力は, 高度な技術の発揮に重要であると考えられている (Lavoie 1986, Troup 1994, Toussaint 1994).

今日まで, 競泳選手の体力各要素 (身体能力) と泳パフォーマンスとの関連についての研究は数多く報告されており (田井村 1996, 酒井 2005), 特に競泳競技の身体能力に関して, Lavoie (1986) は, 最大酸素摂取量と泳速度に相関があることを報告した. そして, 綾部ら (2007) は, 大学競泳選手の伏臥位でのスタビライゼーション (体幹と上肢または体幹と下肢というように複数の筋を動員して一定の姿勢を保持する) 能力と競技成績の間に有意な相関関係が認められることを報告した. また, 田井村 (1996) は, 腕立て伏せやスクワットおよびジャンプなどの筋持久力系能力が高い選手ほど 200m クロール泳の速度が速いことを明らかにした. 一方, 柔軟性は競技力向上の重要な因子であると考えられているが (酒井 2005), 競泳選手のパフォーマンスレベル (25m 全力泳) と肩や足首の関節や立位体前屈などの柔軟性の間には有意な相関が認められないという報告もある (田井村 1981). これらの研究から, 競技力を向上させるためには,高い筋力と筋持久力を獲得することが特に有益であると考えられている (鈴木 2007).

これらのような体力と競泳パフォーマンスに関する研究はクロール泳を対象としている (Hawley1992). Hawley (1992) は, 50m および 400m クロール泳の泳速度と上肢の

パワーの関係を調査し，50m クロール泳とパワーの間に有意な相関関係があると報告した.

クロール泳は，近代 4 泳法の 1 つであり，その中でも最も速い泳法として発達してきた (Maglischo 2005). 近代4泳法のうち，平泳ぎを除いた3泳法における主な推進力源となるのは，下肢のキック動作ではなく，手部が入水した直後の水を手掌部でおさえる「キャッチ」から，手部が大腿部を通過し，かいてきた水を押し出す「フィニッシュ」までが上肢のプル動作であることから (Mosterd and Jongbloed, 1964)，クロール泳のプル動作は，泳パフォーマンスに大きく影響するといえる.

このプル動作に関連する筋群における発揮筋力の評価指標として，ベンチプレスの最大挙上重量が用いられることがある. ベンチプレスにおいて動員される筋群は，主に大胸筋，前鋸筋，三角筋前部，三角筋中部，上腕三頭筋および上腕二頭筋である (半田ら 2008, Barenett et al. 1995). そして，クロール泳のプル動作時には，大胸筋，上腕三頭筋および上腕二頭筋に顕著な活動がみられることが報告されている (生田ら 2010). つまり，ベンチプレスとプル動作で動員される筋群の類似性から，プル動作に関与する筋群の発揮筋力テストはベンチプレスによって評価できる可能性が示唆される.

しかしながら，仰臥姿勢でバーベルを挙上するベンチプレスの動作とプル動作では，動員する筋群の多くが共通するものの，その動作形態は大きく異なる. そして，この動作形態の違いによって，ベンチプレスの最大挙上重量がプル動作に関連する筋群の筋力を適切に評価していない可能性が考えられる. そこで，本研究ではプル動作に動作形態が類似したプルオーバースローテスト (Pull Over Throw : POT テスト) に注目した. この筋力テストは，仰臥位で頭上に 4 kg のメディシンボールを構え，足元の方向に向かって思い切りボールを投げ，その投てき距離を計測するというものである. このテストは競泳日本代表などで筋力強化および筋力評価のために用いられているものである. したがって，本研究の目的は，ベンチプレスの最大挙上重量およびクロール泳のプル動

作を模して行われる POT テストとクロールの泳パフォーマンスの関係を検討し，より適切な筋力テストについて提言を行うこととした.

1.2　先行研究小史

1.2.1　体力と競泳競技

身体活動とは, 骨格筋の収縮によって生じる身体の動きのことであり, 実質的にエネルギー消費を増加させるものである (Caspersen 1985). そして, 身体運動は身体活動の一種であり, 計画的に構成された反復する体の動きとして定義され, 1 つ以上の体力要素を維持および向上のために実施される (Caspersen 1985). この身体運動をおこなうために必要な体力は多次元的概念であり, ヒトが保有または獲得した特性の内, 身体活動を行う能力と関係し, かつ技術的, 健康的および生理学的な要素を包括しているものとされる (Caspersen 1985). そして, これらの要素はスポーツや運動能力に密接に関わっている (Caspersen 1985).

猪飼 (1969) の分類では, 体力は大きく身体的要素と精神的要素に区別し, また各々に行動体力と防衛体力という概念を用いて細分している. これらの内, 身体的要素の行動体力は形態と機能に分けられる. そして, 形態は体格を, 機能は筋力, 敏捷性, 持久力, パワー, 平衡性, 柔軟性および協応性を指す (表 1). 一般的には, この身体的要素が体力と呼ばれている. 競泳では特にこの行動体力との関連性が高いことが報告されている (田井村 1996). 身長, 体重および皮脂厚などの形態, 筋力, 柔軟性, 持久性およびバランス能力は競泳に関わる体力因子だとされている (田井村 1988). これらの要素はパフォーマンスを構成する重要な因子としてみなされている (藤枝 2004). これらの因子について, 例えば上肢や体幹の筋力は腕立て伏せや上体起こし等で評価される. また, 敏捷性は アジリティ, バーピーテストや反復横とびで評価される (田井村 1996). そして, 持久力は, 最大酸素摂取量と相関の高い最大努力で行う 12 分間走やペース走によって評価される (藤枝 2004). さらに, 水中で行う競泳の特性を考慮して, 等速性の筋力計を用いた上肢筋力, パワーおよび無機的持久力の測定も行われている (高松ら 1988).

図 1. 体力の分類 (猪飼 1969 より引用)

このような考えに基づくと, 体力レベルの高い選手ほどスポーツの競技力も高いと思われる. 実際, 野球選手のパフォーマンスと体力テストの関係を調査した研究では, 公式試合でのベンチ入り選手とそれ以外の選手の 2 群に分け, 両者の測定値の比較検討を行い, 遠投, メディシンボール投げ, 垂直跳びおよび T テストにおいて上位群が下位群より有意に優れていたと報告されている (河村ら 2006). このような関係は, 体力テストの項目に違いこそみられるものの, 大学サッカー選手 (藤枝 2004), ヤリ投げ選手 (卯野 1997), ハンドボール選手 (田中ら 2004), 水球選手 (高橋ら 2003) および競泳選手 (田井村 1996, 野村ら 1987) においても当てはまる. 特に競泳選手では, 中学, 高校および大学と年齢が上がるほど, 体力テストと泳パフォーマンスの相関が強くなることが報告されている (田井村 1996).

上述より, 競泳においてもの競技力向上のためには, 様々な体力要因の向上が重要であると考えられる. よって, 競泳特有のトレーニングの他に, 陸上で行うウェイトトレーニングおよび補強トレーニングを行うことは, 泳パフォーマンス向上に有用であると思われる.

1.2.2 競泳のクロール泳のパフォーマンスと筋力の関係性

競泳は，陸上運動とは異なり水中で水平位になって水抵抗を少なくし，主として腕と脚を動かし前方に移動する．このときの腕と脚の運動によって生じる力を利用し，競泳選手は，浮き，安定した姿勢を保ち，進行方向を定め，身体を移動させる (田口 1972)．そして，競泳の場合，腕のかき (プル) や脚のけり (キック) によって生じる力は推進力に効率よく利用されることが特に重要である．そのプルやキックの関係や役割については，競泳選手を対象として，その泳速への貢献度や推進力についてBucher (1975) は，クロール泳において，泳力にかかわらずプルとキックを同時に行うスイムの泳速に対するプルの貢献比率は約 90%であることを報告している．また，鎌田ら (1995) はクロール，平泳ぎおよび背泳ぎのスイムの泳速に対するプルの貢献比率を調査した．その結果，クロールは90%，平泳ぎは74%，背泳ぎは72%であった．これはBucher (1975) の報告と一致するものであり，クロールの 25m 全力泳の泳速においてはキックよりもプルの貢献比率が極めて高いことを示している．

クロール泳は，競泳 4 泳法の中で最も速い泳法として発達してきた (Maglischo 2005)．このクロール泳は，手部が入水した直後の水を手掌部でおさえる 「キャッチ」，その後に手を後方やや内側に向かって円弧の軌道に沿って動く「インスイープ」，インスイープ終了後，上後方やや外側向きに手の軌道を変える「アップスイープ」，その後，手部が大腿部を通過し，かいてきた水を押し出す「フィニッシュ」で一連のストローク動作は終了し，水面から抜き出した腕を次のストロークに備えるため前方に移動させる「リカバリー」を行う．クロール泳はこの一連の動作を繰り返し行うことで構成される (Maglischo 2005)．

クロール泳と背泳ぎは上肢の動きが左右交互であり，1ストローク中のスピードの変化が小さく，近代 4 泳法中，最もエネルギー効率が良い泳法である (Holmer 1974) が，背泳ぎは肩関節の可動範囲がクロール泳よりも制限され，大きな力を発揮することが

できない (Maglischo 2005). したがって, クロール泳は最もエネルギー効率が良く、かつ最も速い泳法であるといえよう. 前述したようにクロール泳における推進力は上肢の貢献度が非常に高く. およそ全推進力の 70–90%がプル動作によるものである (Deschodt et al. 1999, Bucher 1975, Adrian 1965, Holmer 1974, Hollander 1987, 鎌田 1995). そして, クロール泳における泳速度と上肢の筋力, パワーには有意な相関関係があることが報告されている (出村 1979, Sharp 1982). つまり, 上肢の筋力や発揮パワーが高い程, 泳速度が高いということである.

筋力テストを行う際は, 競技中の出力発揮に即したものが最適である (宮下 1981). 水泳競技は水中で流体を押すことで前進する (宮下 1981). この時, 競泳選手には物体の形状依存する効力である形状抵抗, 部分的に気流が剥離することにより生ずる干渉抵抗, 水面で波を発生させることで起こる造波抵抗および体表面と水がこすれて発生する摩擦抵抗が生じる. これらの抵抗は速度の二乗に比例して大きくなる. したがって, 水という特殊な状態の中では, 運動開始から終了まで, 全ての可動範囲において一定以上の収縮速度が保持された上で出力の発揮がなされなければ充分な推進力を得ることができない. よって, 水泳中の推進力を増大させるためのトレーニングは一定以上の収縮速度を保持しつつ, 全ての可動範囲において最大の負荷が収縮中の筋肉に対して与えられるような方法をとる必要がある (宮下 1981). このことから, 運動速度を規定することが可能な等速性筋力測定は競泳選手の発揮筋力を評価する方法として適していると考えられる.

高松ら (1988) は, 水中環境という特性を考慮し, 等速性筋力計を用いて 100 m クロール泳速度とアームプル運動 (クロール泳の腕のかきに類似した運動) における発揮筋力について検討した. その結果, 100 m 泳速度と等速性筋力の間に正の相関関係が認められることが明らかになった (高松ら 1988).

これらの先行研究からクロール泳のパフォーマンス (泳速度) に関しては上肢の筋

力と密接に関係しており，競技力向上のためには上肢の筋力向上が必要不可欠であると考えられる.

1.2.3 クロール泳の競技力向上のための筋力トレーニング

これまでは, 過去の研究から水泳パフォーマンスと関連するとされた項目でトレーニングを行う際は Nick et al. (1962) の示す運動課題 (腕立て伏せ, スクワットジャンプ, 上体起こし, バーティカルジャンプ等) で行っている. しかし, 近年ではウェイトトレーニングに加えてメディシンボール, チューブトレーニングなど実際の泳動作に近い形で筋力トレーニングが行われるようになってきている. つまり, 現在行われている競泳選手の筋力トレーニングは, スポーツ科学の進歩によりトレーニングの種類が増し, 多様な筋の機能向上を図ることができるようになったと考えられる.

特に競泳では, 上肢の発揮筋力を評価するための筋力テストとして, クロール泳のプル動作を模して行う POT テスト (仰臥位になり, 1-4 kgの重量があるメディシンボールを頭上に持ち全力で足元へ放り投げる運動) が日本代表チーム等で行われている.

POT の際に具体的にどこの筋群が活動しているかを調査した研究は見当たらないが, その動作形態がストローク動作に類似していることから, 動員される筋群は実際のクロール泳に近いと推察される. そして, クロール泳に動員される筋群は, 上腕二頭筋, 尺側手根屈筋, 上腕三頭筋, 三角筋後部および大胸筋 (生田 2010) であることから, POT の場合でも, 少なくともこれらの筋群が動員されると思われる.

1.2.4 本研究の目的

前述したように, ベンチプレスでは大胸筋, 前鋸筋, 三角筋が動員されるという報告 (半田 2008) や, 大胸筋, 三角筋前部, 三角筋中部, 上腕三頭筋および上腕二頭筋などの筋群が動員されるという報告がある (Barenett et al. 1995). また, クロール泳のプル動作中で動員される筋群は, 上腕二頭筋と尺側手根屈筋, 上腕三頭筋および大胸筋であると生田ら (2010) によって報告されている. 上述の先行研究からベンチプレスとクロール泳のプル動作中に動員される筋群には共通性が高いと言える. しかし, ベンチプレスは, 仰臥位の姿勢で重りを挙上させるプレス系の動作を行う一方, クロール泳のプル動作は, キャッチからフィニッシュまで足元の方向に水を押す動作が行われるため, 両者の動作形態は大きく異なる. そして, 筋力テストは競技中の出力発揮に即したものが最適であると考えられている (宮下 1981) ため, ベンチプレスでクロール泳のプル動作中の発揮筋力を評価する事には疑問が残る.

そこで, 仰臥位で 1–4 kg の重量のメディシンボールを頭上に持ち, 足元へ全力で投げる動作形態を持つ POT に着目した. それは頭上から投げる際には肘関節を屈曲させ, 投げ終わる時には肘関節が伸展する動作を行うことから, クロール泳のキャッチからリリースまでのプル動作に非常に類似している. このことから, POT は, クロール泳のプル動作における発揮筋力を評価するのに適しているのではないかと考えられる.

しかしながら, これまで POT テストの活動筋および動作解析, テスト結果の妥当性, さらに競技力との関連を調査した研究は見当たらない. よって, 本研究は, ベンチプレスの最大挙上重量およびクロール泳のプル動作を模して行われる POT テストとクロールの泳パフォーマンスの関係を検討することで, POT の妥当性を検証し, より適切な筋力テストについて提言を行うことを目的とした.

第2章　実験方法

2.1　被験者

体育会競泳部に所属する, よく鍛錬された 21~25 歳の男子学生を 10 名 (22.4 ± 1.4yrs, 172.9 ± 4.2 cm, 68.4 ± 6.1 kg) とした. これら被験者には事前に問診を行い, 肩関節や周囲の筋群において重篤な外傷既往歴を持つ者や, 現在障害がある者は被験者として動員しなかった. また, 被験者には実験内容の説明を口頭及び書面にて十分に行い, 自主的に参加することの同意を得た. なお、本研究は早稲田大学研究倫理委員会の承認を得て実施した.

2.2 実験試技

2.2.1 50m クロール全力泳

被験者には 50m のクロール泳を最大努力で行うことを課題とした. 今課題は, 早稲田大学所沢キャンパスアクアアリーナの長水路コースにて行った. コースの両側には競技会と同様にコースロープを設置した. 被験者には十分な準備運動とウォーミングアップを行わせた後, 上記の課題を一回行うことした.

スタートの合図は笛によって行った. 撮影はスタート直前から開始し, 課題終了直後までの間, 行った. 所要時間の計測はストップウオッチを用いて手動で行った. 所要時間は得られた映像で再度ストップウオッチを用いて計測を行い, 泳記録の再現性を求めた. 所要時間の誤差は, 0.15 秒差未満とし, 2-3 回の計測値の平均値を用いた.

この試技はビデオカメラ (三洋電機社製, DMX-HD1010) で撮影された. ビデオカメラはスタートする側の壁から 25 m 地点の延長線上, 高さ 5 m に設置した. 被験者とビデオカメラの距離は約 20 m であった.

ビデオカメラ (三洋電機社製, DMX-HD1010) は手動でパンニングした. 15m , 25m および 45m の地点を被験者の頭頂部が区間を通過する際を対象とした. 映像より得られた情報からオフライン解析を行うことで SL (ストローク長 : 1 ストローク当たりに進

む距離), SR (ストローク頻度 ： 単位時間当たりのストローク数), SV (泳速度) を求めた. 各レース分析に関しては日本水泳連盟医・科学委員会のレース分析法を参考に算出した (生田 1998).

なお, 酒井ら (2005) が競泳選手のパワー発揮動態を調査した際に, 50m クロール泳の記録と無酸素性パワーには関連があるとしていることから, 本研究においても採用した

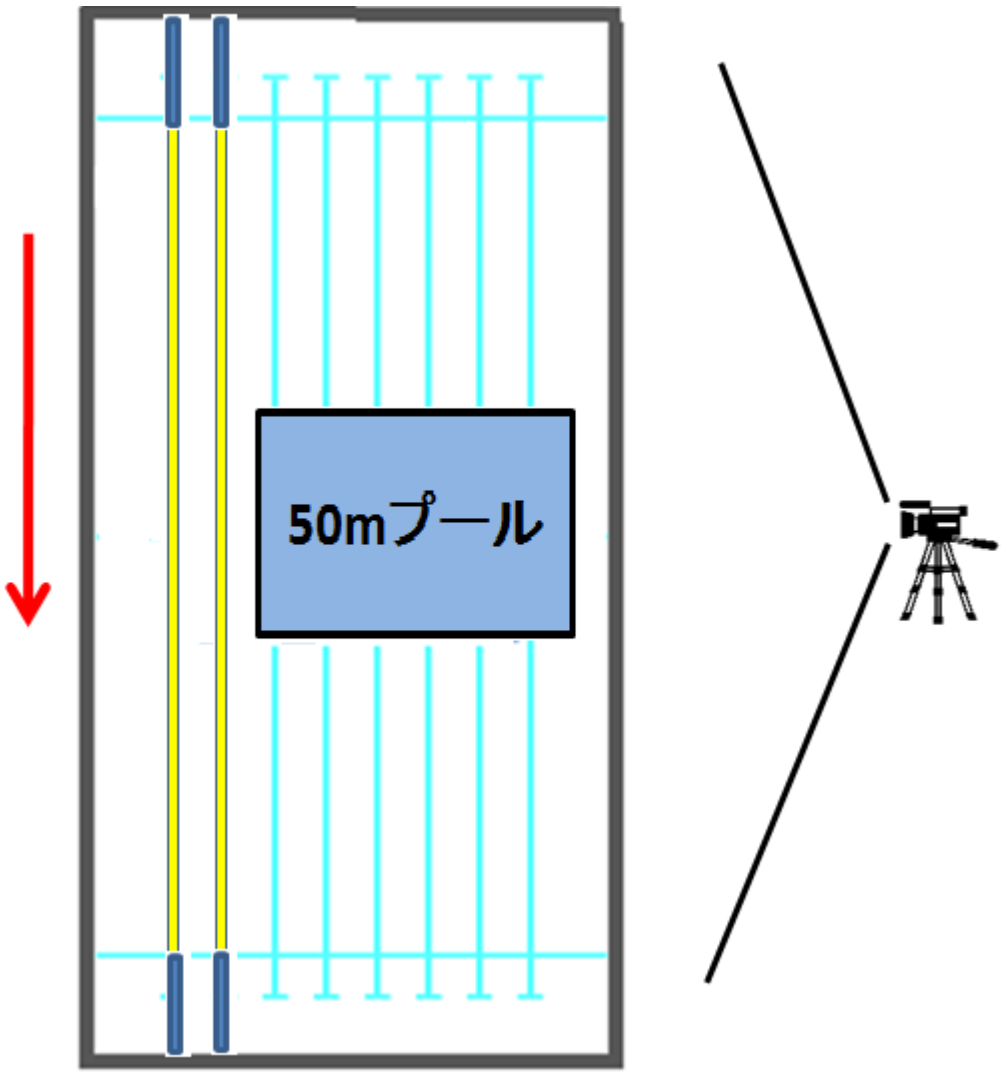

図.2 50m クロール全力泳のセットアップ図

2.2 POT テスト

POT テストは早稲田大学所沢キャンパスアクアアリーナ内で行った. 被験者を仰臥

位にし, 頭上で 4kg のメディシンボール (Cramer 社製) を両手で持ち, 両脚を揃えた状態でメディシンボールを足もとへ全力で放り投げるよう指示した. その際, 下肢は可能な限り揃えるよう被験者には注意させた. 投距離は, 被験者の踵からメディシンボールが地面に接地した箇所を測定した. この測定は実験者及び実験補助者の計 3 名がメジャー (konyo 社製) で測定した. 被験者には十分な準備運動を行わせた後, 軽い負荷での練習試技を行わせた. 試技は 3 回行い, 最大値を分析の対象とした. 投てきの際, 明らかな失敗試技があった場合には再度行わせた. また, 各試技間は 60s 以上の休息を設けた.

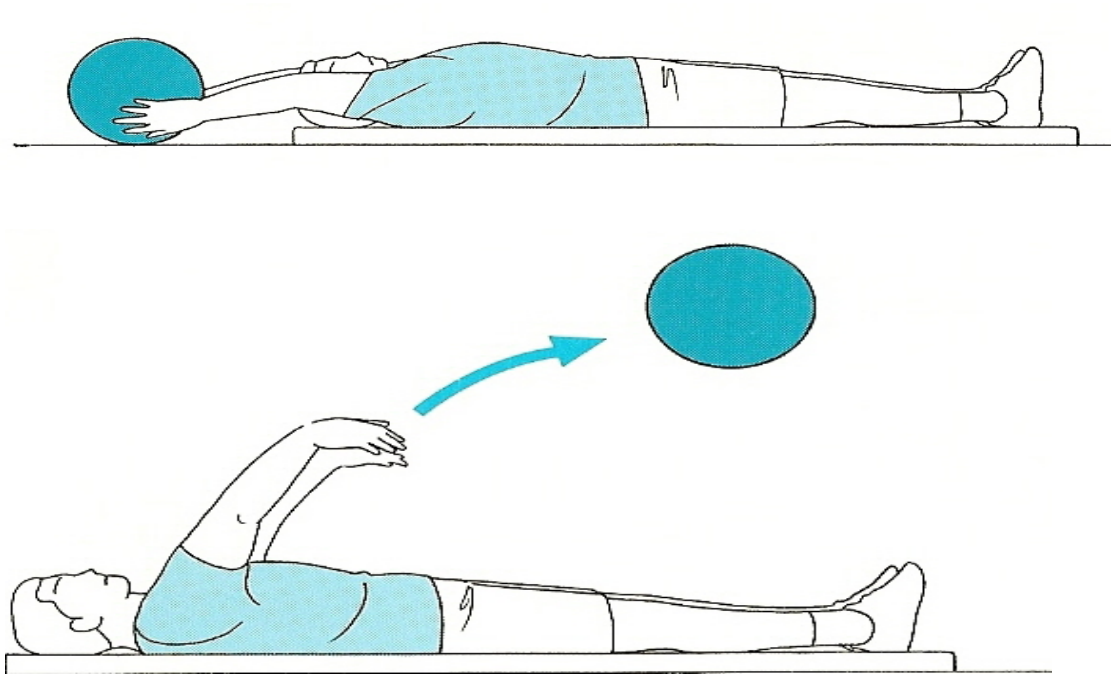

図.3 POT のセットアップ図

2.2.3 最大筋力測定 ベンチプレス

ベンチプレスは, 早稲田大学所沢キャンパス内ウェイトルームにて実施した.

十分な準備運動と軽い負荷でのウオームアップを行わせた後, 最大筋力測定を行った. 挙上重量は 5kg もしくは 2.5kg ずつ増加させていった. 各ウオームアップ間及び本番試技前には120 s 以上の十分な休息を設けた.

被験者には, ベンチ上で仰臥位をとらせ, 両腕を鉛直上方に伸展させてバーベルを握らせた. このとき, バーベルを握る手の幅は被験者の自由とした (島野 1994). 試技中に臀部をベンチ台から浮かして体幹を浮かせる姿勢をとることは禁止とした. 試技は胸にバーが接してから挙上し, 肘関節が伸展した時点で成功とみなした. なお, 各被験者は本テスト試技には十分に慣れているが, 重りを支える補助員は常時2名配備し, 安全に試技が行われるよう最大限配慮した. また, 最大挙上重量は1RM (1-Repetition Maximum) の値とした.

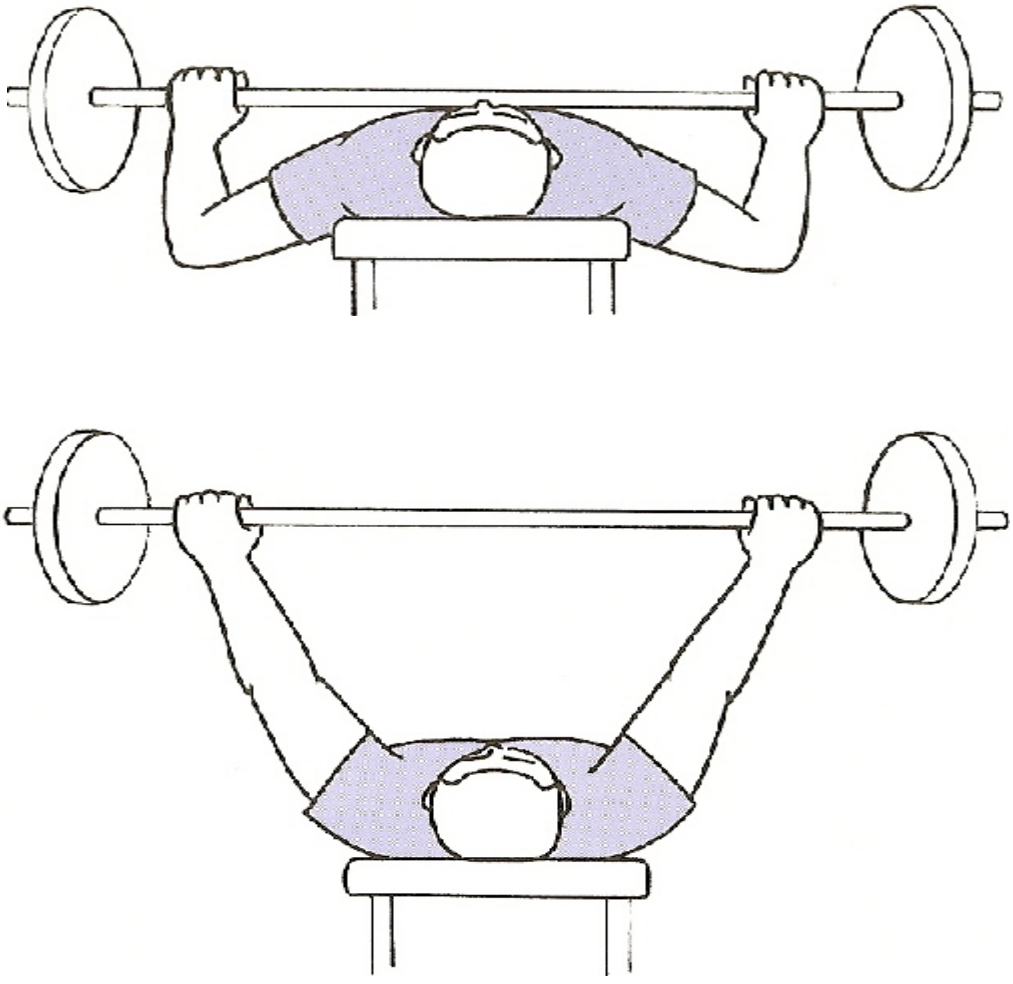

図.4 ベンチプレスのセットアップ図

2.2.4 最大筋力測定　スクワット

スクワットは，早稲田大学所沢キャンパス内ウェイトルームで行った．被験者には十分な準備運動と軽い負荷でのウオームアップを行わせた後，最大筋力測定を行った．挙上重量は 5kg もしくは 2.5kg ずつ増加させていった．各ウオームアップ間及び本番試技前には 120 s 以上の十分な休息を設けた．被験者にはバーベルを担がせ，立位の姿勢から膝関節が 90 度になるまで上体を沈みこませた．その際，膝関節がつま先より前方に出ないよう注意した．本試技においてもベンチプレスと同様，安全面に配慮して補助員 1 名を動員した．また，最大挙上重量は 1RM (1-Repetition Maximum) の値とした．

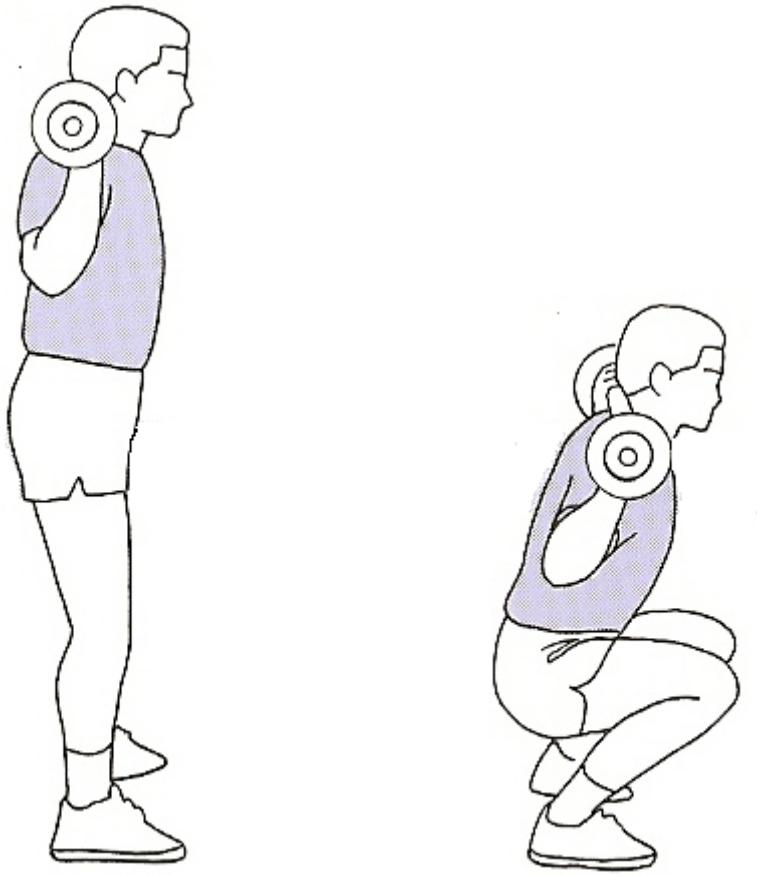

図.5 スクワットのセットアップ図

2.2.5　POT の動作解析

POT の動作は, ビデオカメラ (三洋電機社製, DMX-HD1010) で撮影した. 被験者との距離はおよそ 3m であった.

被験者はこの運動課題によく慣れた熟練者の A , 慣れていない非熟練者の B を動員した. 被験者には 4kg のメディシンボール (Cramer 社製) を全力で身体に対して平行方向へ投げさせた.

撮影した情報は動作解析ソフト (Frame-DIAS II, DKH 社製) で解析し, 左肘関節と左肩関節における屈曲-伸展方向の角度を算出した.

2.3 データ解析および統計処理

本実験では, 50m クロール全力泳, POT テストおよび最大筋力測定(ベンチプレス, スクワット)を行った. 50m クロール全力泳では泳記録, SV, SL および SR を算出した.

各データの算出方法は下記の式とした.

泳速度 (m/s) =ストローク長 / ストローク頻度, ストローク長 (m/stroke) =ストローク頻度×泳速度, ストローク頻度 (strokes/s) =ストローク長 / 泳速度の計算式で求めた (奥野 1998).

POT テストでは 3 回の試技の平均値を求めた. 最大筋力測定ではベンチプレスおよびスクワットの 1 RM の値を計測した.

統計処理は, クロール泳のパフォーマンスを従属変数とし, ベンチプレスの最大挙上重量, スクワットの最大挙上重量と POT テストの結果を独立変数としたスピアマンの積率相関係数を求めた. 有意水準は 5%未満とした.

第 3 章　結果

3.1 泳パフォーマンスおよび筋力テストの結果

表 1 は 50m クロール全力泳の泳記録，レース分析より算出した SV, SL および SR を示したものである. 50m クロール全力泳の平均泳記録は 26.28 ± 0.92 (sec) であった. SV では前半局面において 1.88±0.07 (m/sec), 後半局面においては 1.81±0.08 (m/sec) であった. SL では前半局面において 1.91 ± 0.14 (m/stroke), 後半局面において 1.80 ± 0.17 (m/stroke) と被験者間でばらつきがみられた. SR では前半局面で 1.02±0.05 (strokes/s), 後半局面では 1.02±0.05 (strokes/s) であった.

表 1. 50m クロール全力泳の泳記録, SV, SL, SR

Subject	50m Crawl (sec)	SV (m/sec)		SL (m/stroke)		SR (strokes/min)	
		15-25m	25-45m	15-25m	25-45m	15-25m	25-45m
A	25.93	1.86	1.82	1.95	1.92	1.05	1.06
B	28.00	1.71	1.68	1.60	1.66	0.93	0.99
C	25.69	1.90	1.82	1.88	1.88	0.99	1.03
D	26.13	1.87	1.78	1.90	1.80	1.02	1.01
E	25.87	1.90	1.83	2.06	2.07	1.08	1.13
F	25.39	1.94	1.84	2.08	1.70	1.07	0.92
G	25.24	1.90	1.86	2.04	1.66	1.07	0.89
H	27.13	1.85	1.72	1.80	1.68	0.98	0.91
I	27.45	1.81	1.70	1.79	1.49	0.99	0.87
J	26.01	1.94	1.78	1.89	1.85	0.98	1.04
Mean ± SD	26.28±0.92	1.88±0.07	1.81±0.08	1.91±0.14	1.8±0.17	1.02±0.05	1.00±0.08

表 2 は POT, ベンチプレスおよびスクワットの結果を示したものである. POT は 4.69±0.58kg, ベンチプレスは 81.0±13.08kg, スクワットは 93.5±15.6kg であった. 最大値と最小値の差は POT では最大 1.6m, ベンチプレスでは 45kg およびスクワットにおいては 55kg の差があった. 本研究における被験者間には筋力の差が大きいことが分かった.

表 2. POT, ベンチプレス, スクワットの測定結果

Subject	POT (m)	Bench Press (kg)	Squat (kg)
A	4.5	70.0	70.0
B	3.8	70.0	75.0
C	5.3	90.0	92.5
D	4.3	60.0	92.5
E	5.4	90.0	100.0
F	5.3	75.0	85.0
G	5.4	105.0	125.0
H	4.5	80.0	90.0
I	4.9	90.0	100.0
J	4.8	80.0	105.0
Mean ± SD	4.69±0.58	81.0±13.08	93.5±15.6

3.2 泳記録と SV,SR,SL および筋力の関係

3.2.1 泳記録と泳速度

図 6-1 に 50m クロール全力泳の記録と SV の関係を示す．前半（r=-0.88, p<0.02），後半（r=-0.9, p<0.04）ともに有意な負の相関関係がみられた．

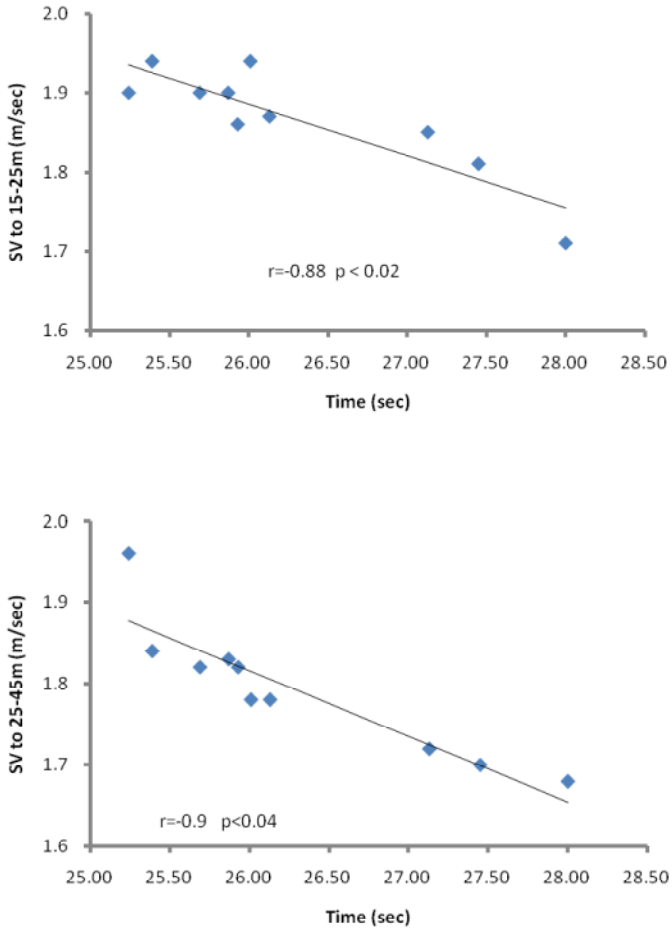

図 6-1. 泳記録と SV (15-25m), (25-45m) の関係

3.2.2 泳記録とストローク頻度

図 6-2 では 50m クロール全力泳の記録と SR の関係を示した．前半局面において有意な負の相関関係を示した（r=0.79, p<0.07）．後半局面においては相関関係は認められなかった（r=0.11 p>0.7）.

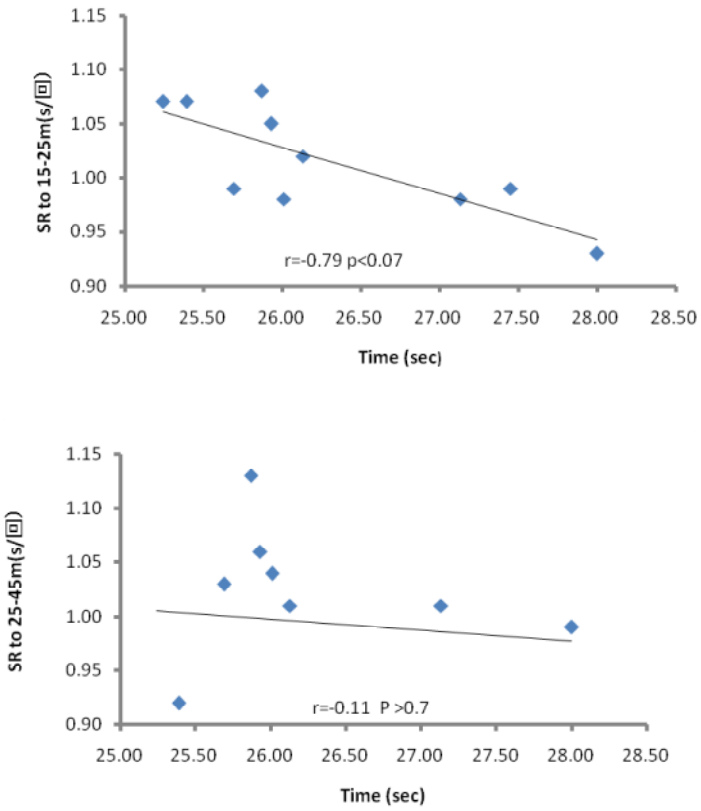

図 6-2．泳記録と SR(15-25m), (25-45m) の関係

3.2.3 泳記録とストローク長

図 6-3 に泳記録と SL の関係について示した. SL は 前半局面において泳記録との負の相関が認められた（r=-0.9, p<0.01）が後半は有意な相関は認められなかった (r=-0.49, p>0.33).

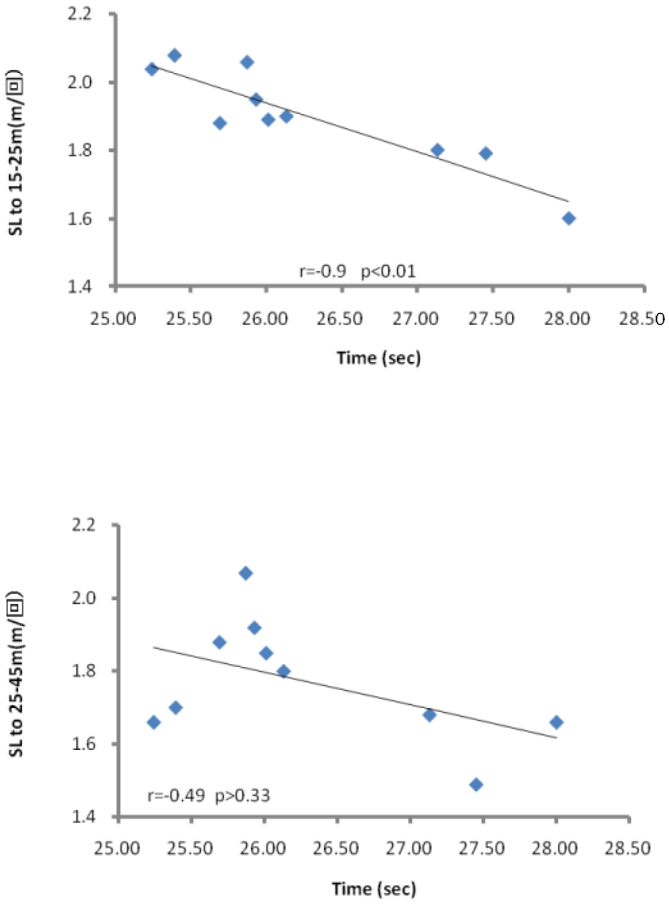

図 6-3.　泳記録と SL (15-25m), (25-45m) の関係

3.2.4 泳記録と POT

図 6-4 に泳記録と POT の関係を示す．POT は泳記録と有意な負の相関関係であった（r=0.72, p<0.01）.

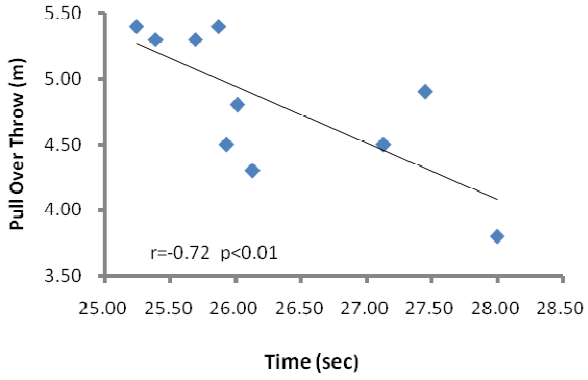

図 6-4. 泳記録と POT の関係

3.2.5 泳記録と ベンチプレス

図 6-5 に泳記録とベンチプレスの関係を示す．泳記録とベンチプレスには相関関係はみられなかった（r=0.28, p>0.43）.

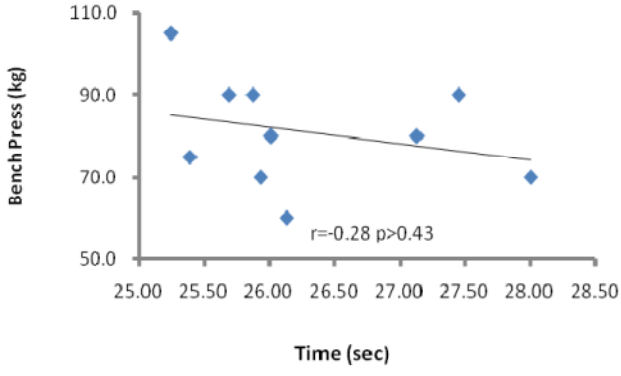

図 6-5. 泳記録と ベンチプレスの関

3.2.6 泳記録とスクワット

図 6-6 に泳記録とスクワットの関係を示す．相関係数は r=-0.37 であり，有意ではなかったことから，関連性は低いとうかがえる（p>0.27).

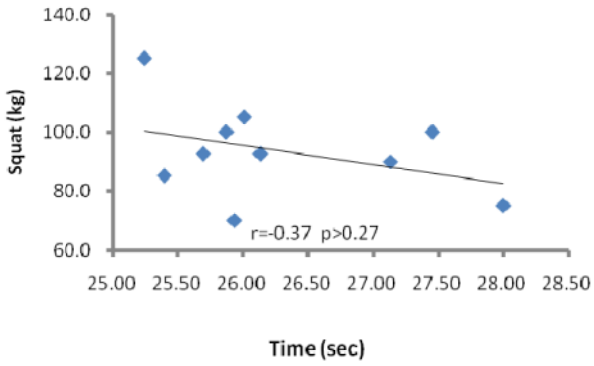

図 6-6.　泳記録とスクワットの関係

3.3 SV と SR, SL および筋力の関係

3.3.1 SV と SR の関係

図 7-1 では SV と SR の関係を示した．前半（r=0.49, p>0.14）および後半局面（r=0.00, p>0.99）において有意な相関関係は認められなかった．

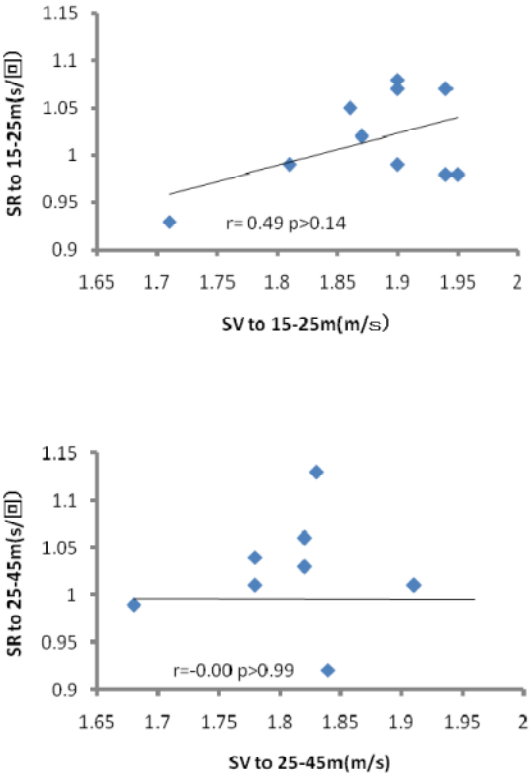

図 7-1. SV (15-25m), (25-45m) と SR (15-25m), (25-45m)の関係

3.3.2 SV と SL の関係

図 7-2 では SV と SL の関係について示す. 前半局面における SV と SL は高い正の相関関係を示した (r=0.79, p<0.06). しかし後半局面では相関は認められなかった (r=0.36, p>0.30).

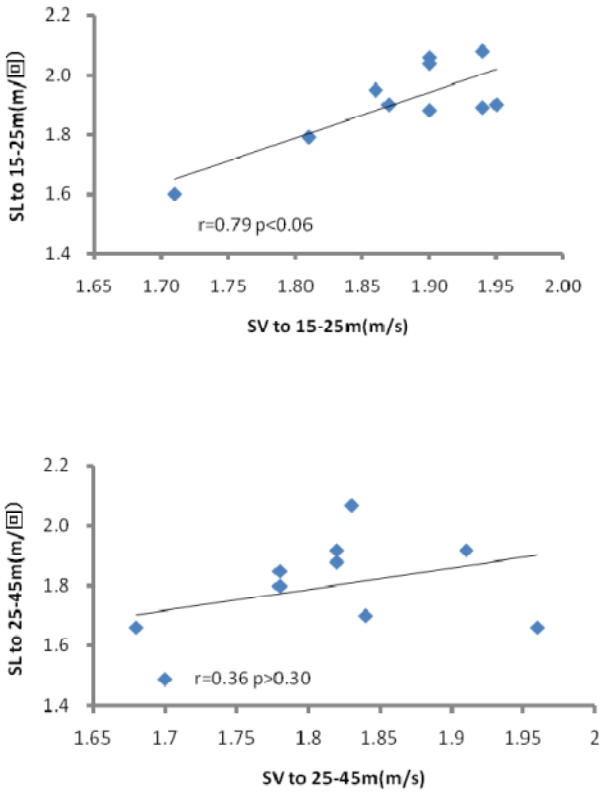

図 7-2. SV (15-25m), (25-45m) と SL (15-25m), (25-45m) の関係

3.3.3 SV と POT の関係

図 7-3 では SV と POT の関係を示す. 前半局面では正の相関関係が認められた (r=0.61, p<0.06). 後半局面では相関は認められなかった (r=0.53, p>0.11).

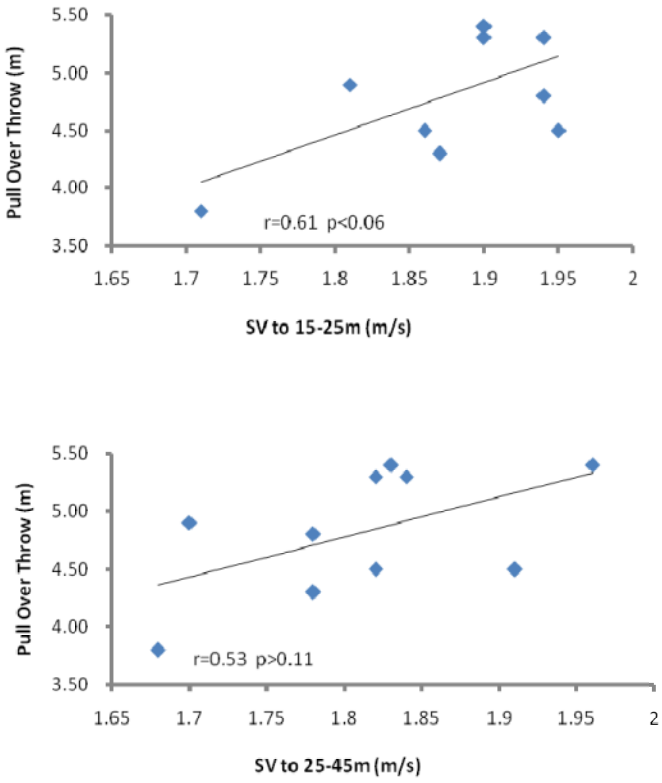

図 7-3. SV (15-25m), (25-45m) と POT の関係

3.3.4 SV と ベンチプレス の関係

図 7-4 では SV とベンチプレスの関係を示した．SV とベンチプレスには前半 (r=0.23 p>0.51) および後半 (r=0.45, p>0.18) の両局面で相関関係はみられなかった．

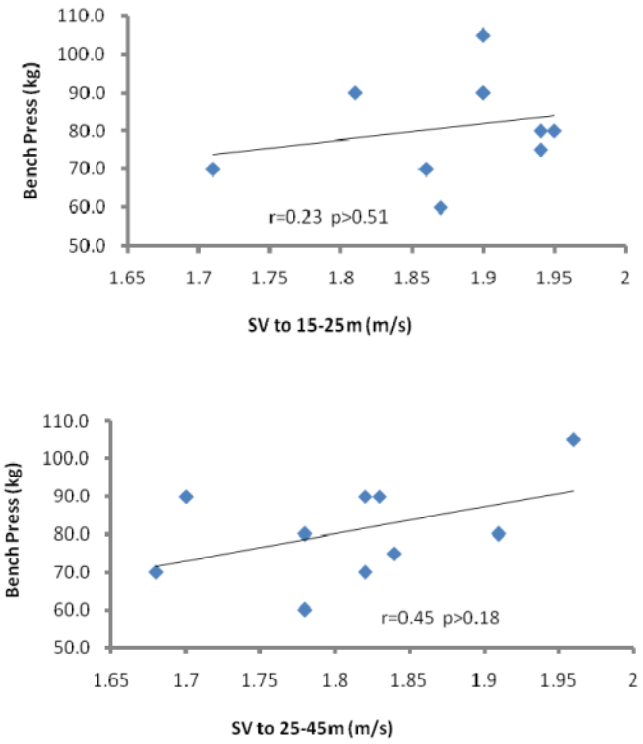

図 7-4. SV (15-25m), (25-45m) と ベンチプレス の関係

3.3.5 SV とスクワットの関係

図 7-5 では SV とスクワットの関係を示した．SV とスクワットも前半（r=0.37, p>0.28）および後半（r=0.37, p>0.28）の両局面で相関関係は認められなかった．

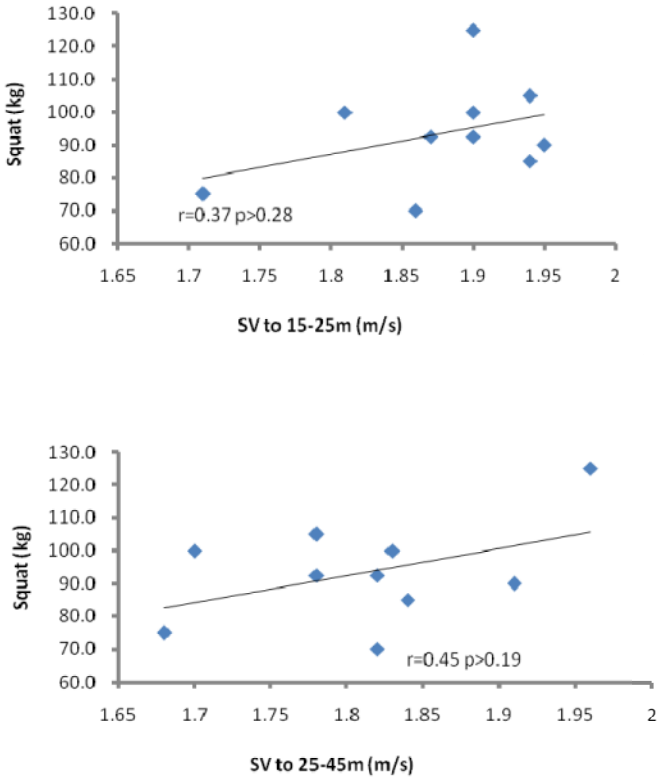

図 7-5. SV (15-25m), (25-45m) とスクワットの関係

3.4 SR と SL, 筋力の関係

3.4.1 SR と SL の関係

図 8-1 では SR と SL の関係について示す. SR と SL には前半 (r=0.92, p<0.001) および後半 (r=0.92, p<0.001) の両局面で非常に高い正の相関関係がみられた (r=0.92, p<0.001)

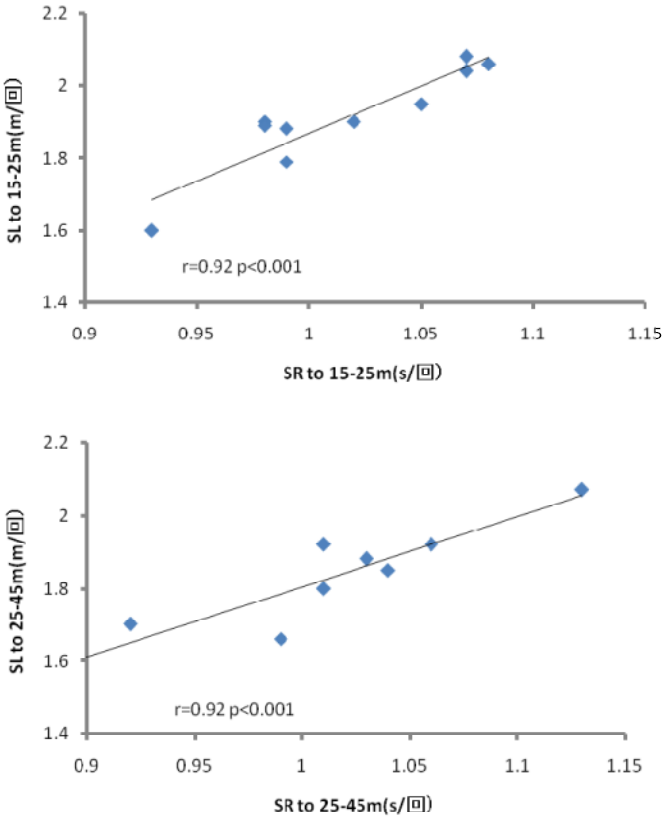

図 8-1. SR (15-25m), (25-45m)と SL (5-25m), (25-45m) の関係

3.4.2 SR と POT の関係

図 8-2 では SR と POT の関係を示した．前半局面と POT に有意な正の相関関係が認められた (r=0.68, p<0.02)．後半局面には相関関係は認められなかった (r=-0.10,p>0.77).

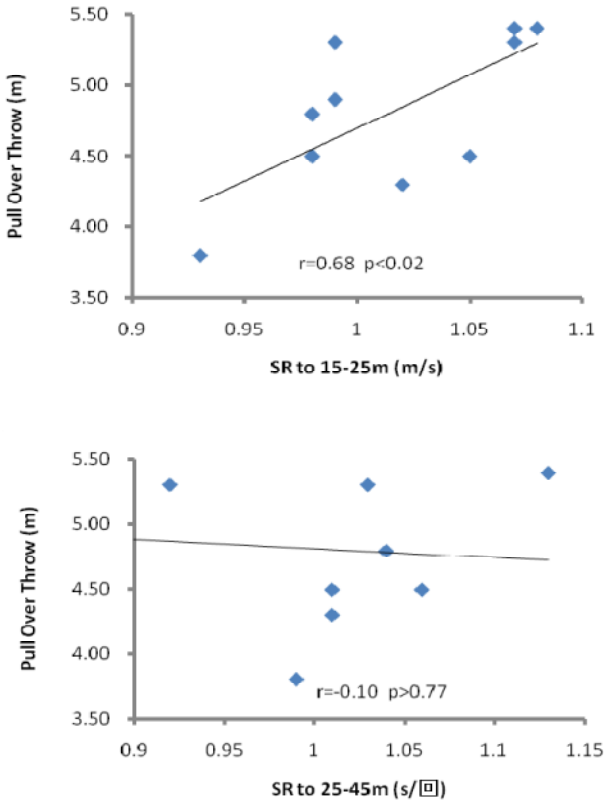

図 8-2. SR (15-25m), (25-45m) と POT の関係

3.4.3 SR とベンチプレスの関係

図 8-3 では， SR とベンチプレスの関係について示した．ベンチプレスは前半（r=0.28, p>0.43）および後半局面（r=0.28, p>0.42）の両局面において相関関係がみられなかった．

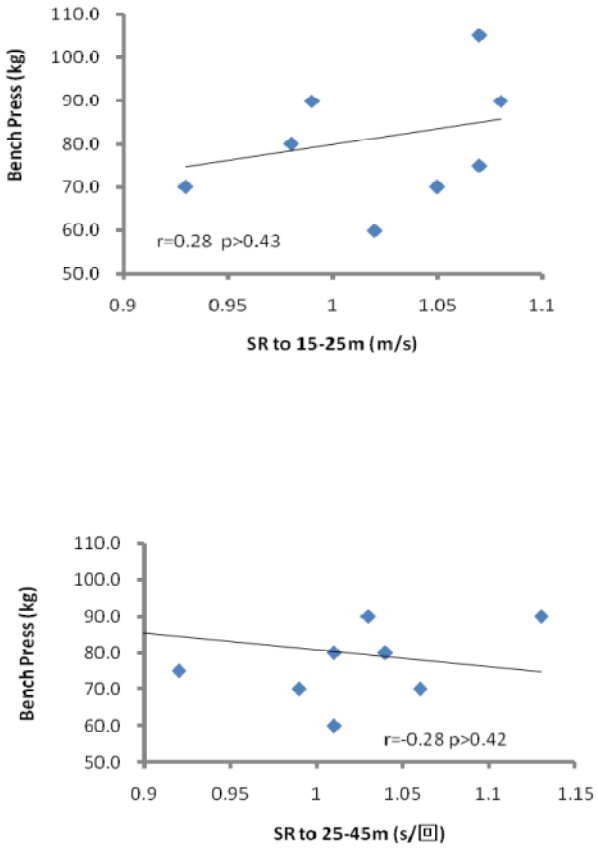

図 8-3. SR (15-25m), (25-45m)とベンチプレスの関係

3.4.4 SR とスクワットの関係

図 8-4 では， SR とスクワットの関係について示した．SR とスクワットの間には前半（r=0.29, p>0.42）および後半（r=0.32, p>0.36）の両局面において相関関係は認められなかった．

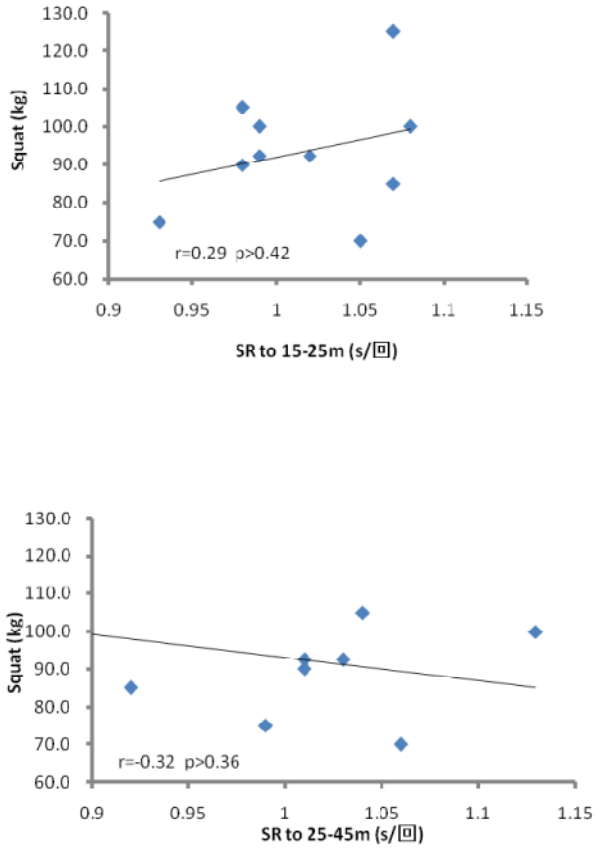

図 8-4. SR (15-25m), (25-45m)とスクワットの関係

3.5 SL と筋力の関係

3.5.1 SL と POT の関係

図 9-1 では SL と POT の関係について示した. SL の前半局面 (r=0.76, p<0.01) と POT には相関関係が認められた. SL の後半局面 (r=0.12, p>0.72) と POT には相関関係は認められなかった.

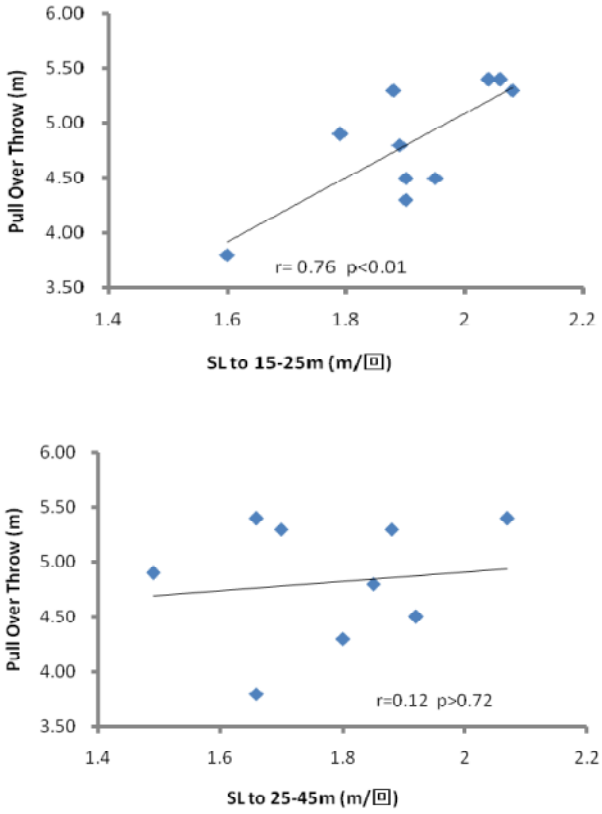

図 9-1. SL (15-25m), (25-45m) と POT の関係

3.5.2 SL とベンチプレス の関係

図 9-2 では SL とベンチプレスの関係について示した．SL とベンチプレスでは前半（r=0.31, p>0.37）および後半（r=0.11, p>0.74）ともに相関関係は認められなかった．

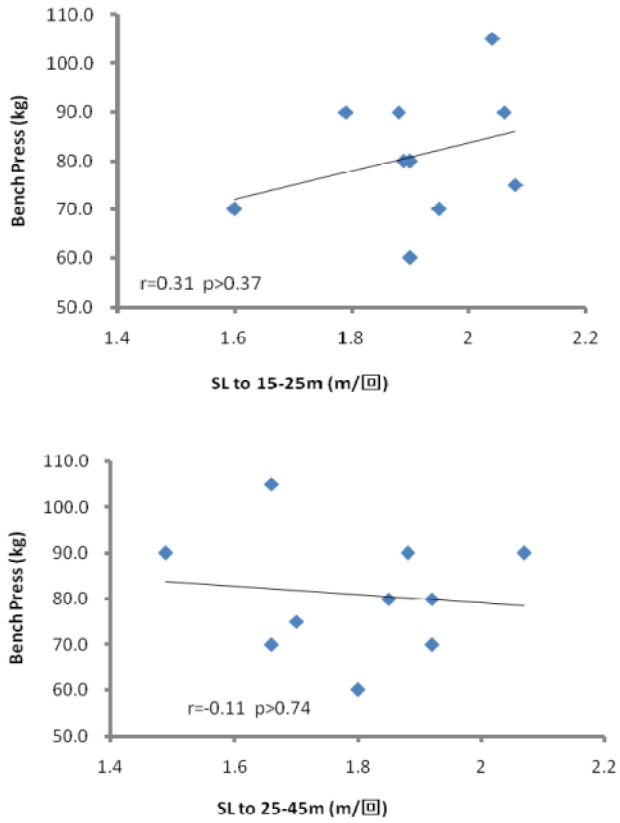

図 9-2. SL (15-25m), (25-45m) とベンチプレスの関係

3.5.3 SL とスクワットの関係

図 9-3 は SL とスクワットの関係を示した．SL とスクワットでは前半（r=0.37, p>0.28）および後半（r=-0.16, p>0.64）ともに相関関係にはなかった．

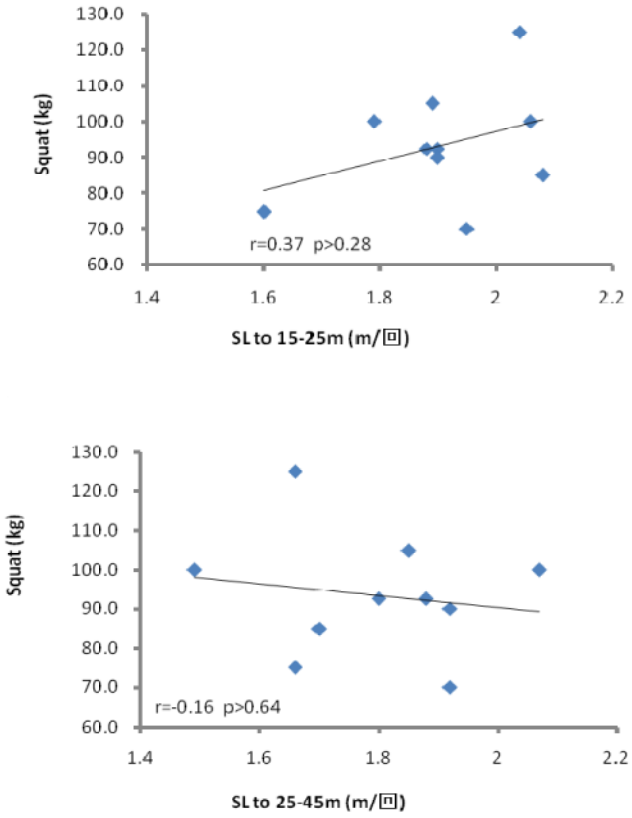

図 9-3. SL (15-25m), (25-45m) とスクワットの関係

3.6 POT と筋力の関係

3.6.1 POT とベンチプレスの関係

図 10-1 は POT とベンチプレスの関係を示している．POT とベンチプレスには有意な相関関係が認められた（r=0.73, p<0.14).

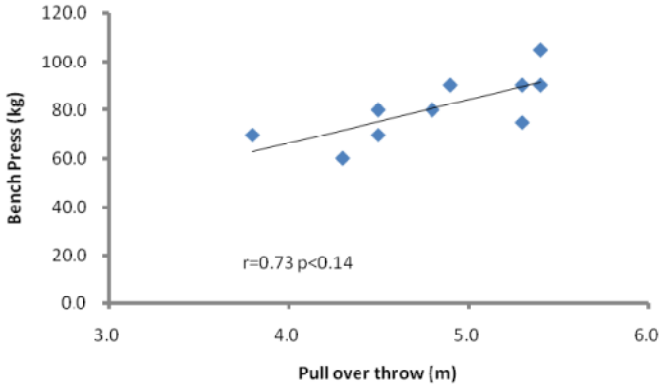

図 10-1. POT と ベンチプレスの関係

3.6.2 POT とスクワットの関係

図 10-2 は POT とスクワットの関係について示した．POT とスクワットの間には相関関係が認められなかった（r=0.60, p<0.06).

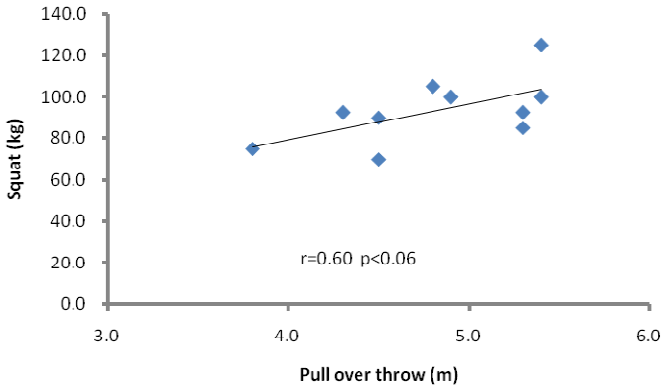

図 10-2. POT と スクワットの関係

3.7 POT の動作解析

本研究では POT の動作分析を行った．動作は左肘関節と左肩関節における屈曲-伸展方向の角度を算出した．

図の赤線は左肩関節，青線は左肘関節を表わしている．被験者 A, B ともに左肘関節の角度の推移は概ね一致している．しかし，被験者 A に比較して B の左肩関節の動作範囲が狭かった．

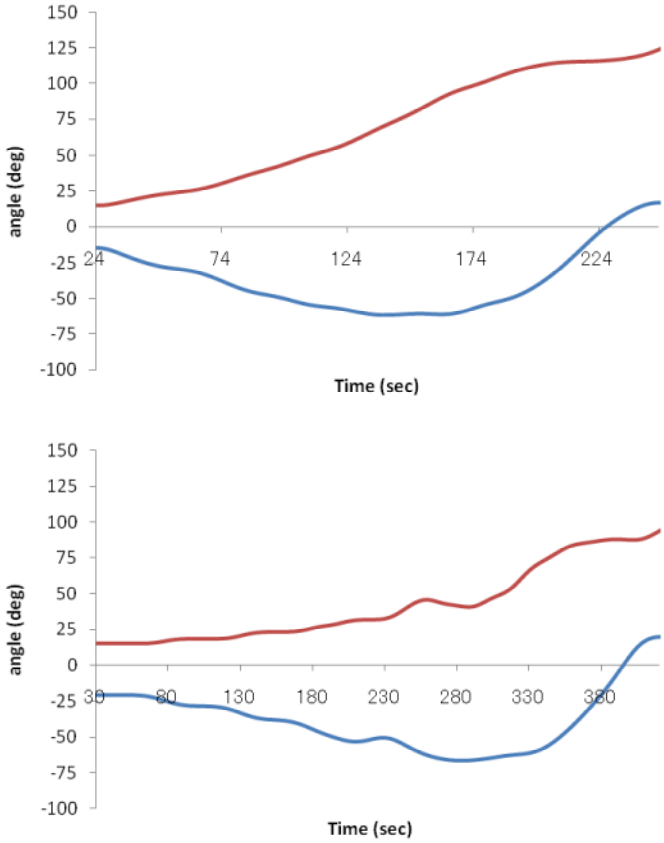

図 11. 被験者 A (上図) および B (下図) の POT における左肩関節，左肘関節の角度の推移

第 4 章　考察

本研究では, 泳パフォーマンスと筋力テストの関係を調べるために, 50m クロール泳の泳記録, SV, SL, SR とベンチプレスの最大挙上重量およびクロール泳のプル動作を模して行われる POT テストの関係について検討した.

4.1 泳記録と SV,SR,SL および筋力の関係

4.1.1 泳記録と SV, SR および SL の関係

本研究では泳記録と SV には前半および後半の両局面において, 相関関係が認められた. また, 泳記録と SR および SL の前半局面に有意な相関関係が認められた.

本研究においては, 50m クロール全力泳において SV の高い人ほど 泳記録が高かったことを示した.

泳記録と SR の前半局面においては 50m という短距離の前半局面であることから, SR を増加させて SV を向上させようとした被験者が多かったことがうかがえる. しかし, 後半局面においては, SR の平均値は低下しているが被験者によっては, 増加した者もみられた. これは前半局面の SR を増加させたために, 後半局面で疲労が蓄積されたことが原因だと考える.

泳記録と SL には強い相関関係があるという報告は多い (松田 2010, Craig et al. 1979). よって本研究においても先行研究と同じ結果を得たと考えられる.

4.1.2 泳記録と筋力の関係

一般的に競泳のパフォーマンスと筋力には関連があるとされている (出村 1979, Sharp 1982, 高松ら 1988). 本研究は, 上肢の筋力評価として POT, ベンチプレスおよび下肢の筋力評価としてスクワットと泳パフォーマンス (泳記録, SV,SL) について検討した. しかしながら, ベンチプレスとスクワットは全ての泳パフォーマンス項目との相関が認められなかった.

ベンチプレスは他競技などではパフォーマンスと相関がある運動課題とされていたが (卯野 1997, 田中ら 2004), クロール泳を運動課題とした本研究では認められなかった. この原因として, プル動作とベンチプレス動作の形態の違いが考えられる. ベンチプレスでは大胸筋, 前鋸筋, 三角筋前部, 三角筋中部, 上腕三頭筋および上腕二頭筋などの筋群が動員され (Barenett et al. 1995). クロール泳のプル動作中では上腕二頭筋, 尺側手根屈筋, 上腕三頭筋, 大胸筋が動員される (生田ら 2010). このように, 両動作で動員される筋群の多くが共通している. しかしながら, ベンチプレスは重りを挙上するプレス系の種目であるが, 競泳のクロール泳はプル系の種目であるため動作様式は異なる. よって, 宮下 (1995) が提言するように, 競技種目の動作特性に合わせた筋力テストでなければ, 実際の競技パフォーマンスとの関連を推測することはできないと言えよう.

また, 本研究では上肢の筋力の他に, スクワットにおいて下肢の筋力測定も行ったがスクワットは泳記録との関係性は低かった. これは実際のクロール泳のストローク中では, 1 ストロークサイクル中に 2 回, 4 回または 6 回のキックを打ち下ろす(生田 2010). つまり, キック動作は一定のリズムで腕のストローク動作に連動して行われていることから, 泳パフォーマンスに影響を与えている可能性も少なからず考えられるからである. しかし, これまで多くの研究でクロール泳の推進力は上肢の貢献度が 70-90 % である (Deschodt et al. 1999, Bucher 1975, Adrian 1965, Holmer 1974, Hollander 1987, 鎌田 1995) と報告されているように, 本研究においても下肢の泳パフォーマンスへの貢献度は低かったと言える. その要因としてはクロール泳プル動作との明確な動作形態の差異, 上肢と下肢という活動筋群の差異が影響したと考えられる.

POT においては泳記録と相関が認められた. POT はクロール泳のプル動作において動員される筋群および発揮筋力に共通性があると考えられる. また肘関節を屈曲させ, その後伸展させていくという動作にも共通性があることから関係性がみられたと推察

できる．さらに POT が非常に短時間で終わる瞬発性の高い運動であることから，実際の泳パフォーマンスにおいて，スタートの影響を除いた 50m という瞬発力が必要とされる局面で関連が高まったと考えられる．

4.2 SV と SR, SL および筋力の関係

4.2.1 SV と SR, SL の関係

SV と SR および SL の前半局面には有意な相関関係が認められたが, 後半局面ではともに相関関係はみられなかった. SV は SR と SL の積で表される (松田 2010). そして SV と SL の間には正の相関関係があり, SV が高い選手は SL が長いと報告されている (松田 2010). よって本研究においても前半局面においては先行研究と同様の結果となった.

しかしながら, 後半局面においては SL は低下し, SV との相関がみられない. これは前半局面における SR と SV が高い相関関係にあることが起因していると考えられる. SR は SV および酸素摂取量との間に正の相関関係が認められると報告されている (松田 2010). それゆえに, レース前半に SR の高い選手は前半局面において高い SV を得ていたが, SR を高くしたことで前半局面の酸素摂取量が大きくなると推測され, その結果後半局面の SV および SL の低下につながったと考えられる.

4.2.2 SV と筋力

SV と相関関係が認められたのは POT と SV の前半局面であった. これは前述したようにクロール泳のプル動作と POT の動作形態, 活動筋群および発揮筋力に共通性がみられることが影響したと言えるだろう. 一方ベンチプレスは活動筋群および発揮筋力に共通性がみられるものの, プル系であるクロール泳のプル動作とプレス系のベンチプレスでの動作形態の差異が影響したと考えられる. スクワットにおいては動作形態および下肢筋力という明確な筋群の差異が関係性の低さにつながったと推察できる.

SV は SR と SL の積によって求められる (生田 2010). したがって本研究において, 前半局面の SR, SL に有意な関係のあった POT が SV の前半局面と相関関係にあるのは妥当な結果であると考えられる. しかしながら, 本研究において前半局面における

SV と SL の相関関係は認められたものの, SV と SR は認められなかった. SV は SR と SL の構成要素であることから (生田 2010), SV を低下させないためには SR または SL のどちらか一方の減少を補うように他方を増大させなければならない (生田 2010). だが, 本研究においては疲労の蓄積がほぼ無いと考えられる前半局面において SV と SR の関係性が低かった. これは, 本研究で採用した被験者の中で, SL は長いが SR の低い展開が, この関係性に影響していると考えられる. このような選手の特徴としては, SL を長く保つタイプの選手が存在することを表すものであった. しかしながら, SL の延長は SV の増大に有効であるという報告がなされている (Craig 1979).

このようなことから, 本研究の泳記録, SL, SR, SV および筋力の関係性から, POT の投てき距離を延ばすことは, SL の伸長に有用であり, SV の向上にも影響を与える可能性があると言えるであろう.

4.3 SR と SL および筋力の関係

4.3.1 SR と SL の関係

SR と SL では, 前半および後半の両局面において有意な相関関係を示した.

前述したとおり, SV を低下させないためには SR または SL のどちらか一方の減少を補うように他方を増大させなければならない (生田 2010). つまり, 前半局面ではスタートの慣性を利用することで SR が増加するが, SL も長く保たれている. そして後半局面では, 神経系の疲労または筋疲労に伴い速筋繊維の顕著な疲労が生じる. さらには乳酸の蓄積に耐えるだけのプル動作を可能とする筋のパワーを持続できる能力が低下すると推察されることから, SR の低下を補うために SL が伸長する可能性がある. 本研究における SR と SL の関係はそれを如実に表していると言えるだろう.

4.3.2 SR と筋力

SR と筋力においては POT と SR の前半局面のみ相関関係が認められた.

これは前述したとおり, プル動作に類似した動作形態, 活動筋群および発揮筋力を持つ POT の特徴が反映されたと考えられる. 後半局面においてその関係性が低下した要因としては, 推進力に関与する筋の発揮出力が低下したからだと考える. つまり, 後半局面においても推進力を維持するための筋持久力を高めなければならないと考えられる.

4.4 SL と筋力

SL と筋力では, POT と SL の前半局面に相関関係が認められた. その要因は, 前出したとおり, クロール泳のプル動作との動作形態, 活動筋群および発揮筋力の共通性が影響したと考えられる.

生田ら (2010) は 50m クロール全力泳中の筋活動量を研究した. その結果, 疲労が蓄積されると, 尺側手根屈筋, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋および三角筋の筋活動量が低下したことを明らかにした. そして, それらの筋活動量の低下により, 水を捉えて後方に押し出す発揮出力の低下や腕の回転速度が減少し, SV が低下したと報告している. 本研究においても疲労すると考えられる後半局面において SL の平均値は低下した. つまり, 本研究においても尺側手根屈筋, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋,および三角筋の筋活動量が低下したと推測できる. しかしながら, 少数ではあるが, 本研究の被験者の中には後半局面の SL が伸長した者もいることから, 泳者の泳ぎの特徴をより詳細にとらえておく必要がある. そしてクロール泳のプル動作に模して行われている POT もそれらの筋群を動員していると考えられることから, POT テストの投てき距離は SL に関連性があることが予測される.

4.5 POT と筋力テストの関係

POT とベンチプレスには有意な相関関係が認められたが POT とスクワットには認められなかった.

ベンチプレスにおいて動員される筋群は, 主に大胸筋, 前鋸筋, 三角筋前部, 三角筋中部, 上腕三頭筋および上腕二頭筋である (半田ら 2008, Barenett et al. 1995). また, クロール泳のプル動作時には, 大胸筋, 上腕三頭筋, 上腕二頭筋に顕著な活動がみられることが報告されている (生田ら 2010). したがって, ベンチプレスとプル動作で動員される筋群には類似性がみられる. よって, プル動作と類似性があると思われる POT とベンチプレスには相関関係が認められたと推察できる.

POT と スクワットでは動員される筋群に違いがみられる. 前述したように POT では大胸筋, 上腕三頭筋および上腕二頭筋が動員されると考えられるが, スクワットでは, 脊柱起立筋, 大殿筋, 中殿筋大腿直筋, 大腿二頭筋長頭, 長内転筋, 外側広筋および腓腹筋外側頭が動員されるといわれている (真鍋ら 2004). 本研究では POT とスクワットとの間に有意な相関関係が認められなかったことから, 今後は身長や体重といった形態特性も考慮して研究を行う必要があるであろう.

4.6 POT の動作解析

本研究では, POT の動作解析を行い, 左肘関節と左肩関節における屈曲 - 伸展方向の角度を算出した. 左肩関節の角度は動作範囲を示しており, 被験者 A はそれが大きかった. POT において肩関節の動作範囲が大きいということはボールをリリースするポイントが深いと考えられる. そのような場合, より加速された状態でボールを投げることが可能なため距離に影響が出ると考えられる.

本研究では熟練者および非熟練者を被験者として動員したため, 投てきの技術の差が左肩関節の角度の差異に影響したと推測出来る.

しかしながら, 本研究では, 簡易的な解析にとどまったため POT の動作に関する詳細な運動様式を把握することはできなかった. そのため, 今後は三次元的な解析を含めて, POT のエクササイズとしての機序をより客観的に評価し, 分析を行う必要があると考えられる.

4.7 POT の活用方法

本研究において, POT は 50m の前半局面に強い関連性を示した. これは高い瞬発力を要する局面と, 一瞬で筋力を発揮しなければならない POT の特徴が一致したものと考えられる. したがって 50m が専門の選手はこの POT のパフォーマンス (投てき距離) を高める事が競技力の向上につながる可能性があると言える. 一方, 中長距離の選手に関しては, 競技力の向上に大きな貢献をもたらす可能性は短距離に比較すると低いだろう. しかしながら, ベンチプレスに比べ泳パフォーマンスに関連性が高い事からトレーニングおよび筋力評価の一環として取り組んでいくべきだと考える. 特に SL は泳パフォーマンスに強く関係していると報告されている (松田ら 2010). Wakayoshi et al (1995) は 6 ヶ月のトレーニング後, 泳記録短縮は SL による貢献度が大きく, 長期的に泳記録を向上させる為には SL を長くする必要があると報告している. また, Craig et al (1979) は泳速度と SL の間に正の相関を認め, 泳速度が速い選手は SL が長いと明らかにした. これらのことから, POT の投てき距離を伸ばすことは SL を伸ばすことが出来る可能性がある. また, 投てき回数を増やし筋持久力の向上を目的としたトレーニングを行うことも泳記録や SV, SL の向上につながると考えられる.

また, POT は両手でボールを保持し投てきを行うがクロール泳のプル動作は片手ずつ行う. したがって, 今後はボールを片手で投げるなどの POT テストのプロトコルの応用が必要であろう.

さらに, POT のエクササイズの推進によって, SL を伸長させる可能性についても今後, 検証することが必要であろう.

4.8 今後の課題

本研究は 10 名の被験者を採用した．しかし被験者間では身体特性や種目特性が異なる．特に POT では身長や腕の長さの差異がリリースポイントや投速度，投距離に影響する可能性が考えられるが，本研究では被験者の特性を考慮しなかった為，今後は身体特性，種目，距離といった特性別にデータ収集を行うことでより詳細に泳パフォーマンスと筋力に関する関係性が明らかになるであろう．

今回，POT はクロール泳のプル動作を模している点から着目した．結果として各泳パフォーマンスの前半局面と有意な相関関係を認めたが，今後は POT の際の筋群の活動について調査する必要があると考えられる．

今後は POT およびプル動作時の肩関節，肘関節の角度および角速度の推移を詳細に調査する必要がある．そして POT 中の筋群活動およびプル動作時の動作形態を明らかにすることによって，より一層 POT の妥当性を高めていくことができると考えられる．

また，クロール泳のプル動作は片腕を交互に動かして行うが POT は両手でボールを保持し投てきを行う．よってボールを片側の手で保持し投てきを行うなど，より実際の泳パフォーマンスに近い形でトレーニングやテストを行う必要がある．

さらには POT 自体のトレーニング効果を調査することによって競技力向上に反映できる可能性がある．

4.9 結論

本研究では POT およびベンチプレスとクロール泳のパフォーマンス(泳記録, SV, SL, SR) の関係性を調査した. そして, POT のトレーニング及びテストとしての妥当性を検証し, より適切な筋力テストについて提言を行うことを目的とした.

本研究によって, POT は 50m クロール全力泳における泳記録, SL, SR, SV の前半局面 (15-25m) で高い関連性があることが明らかにされた.

POT テストは短距離の種目特性である最大スピード, そして筋パワーの発揮との関連のあることがわかった. したがって, POT テストは, 主に短距離種目のパフォーマンスの評価に有用となる指標になるといえる. 中長距離選手に対しては, 検討課題はあるものの, SL の伸長へ貢献できる可能性が示唆された.

謝辞

本研究を行うにあたり，御指導してくださった主査の奥野景介先生に感謝申し上げます．また，助言を頂いた副査の矢内利政先生，金岡恒治先生にも重ねて感謝申し上げます．

さらに，本論文作成にあたり，構想から仕上げまで非常に多くの助言を頂き，ご多忙ながら研究に多大な協力をして頂いた植松梓さん（早稲田大学 人間科学学術院 博士課程）に心から深い感謝の意を表します．

最後に，実験の補助に尽力し，支えてくれた奥野研究室修士課程の皆さんにも感謝の意を表し，謝辞とさせて頂きます．

参考および引用文献

安部久貴, 藤枝賢晴 (2004) 大学サッカー選手における競技力と簡易体力テストの関連性. 東京学芸大学紀要 5 部門 56: 131-141

Adrian MJ, Singh M, Karpovich PV (1966) Energy cost of leg kick, arm stroke, and whole crawl stroke. *Journal of Applied Physiology* 21: 1763-1766

綾部誠也, 佐藤和樹, 小林生海, 鈴木大地, 形本静夫, 内藤久士 (2007) 大学競泳選手におけるスタビライゼーション能力と競泳競技との関連性. トレーニング科学 59. 275-281: 2007

Barentt C, Kippers V, Turner P (1995) Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9: 222-227.

Bucher W (1975) The influence of the leg kick and arm stroke on the total speed during the crawl stroke. Swimming, *University Park Press*: 180-187

Capelli C, Zamparo P, Cigalotto A, Francescato MP, Soule RG, Termin B, Pendergast DR, di Prampero PE (1995) Bioenegetics and biomechanics of front crawl swimming. *Journal of Applied Physiology* 63: 12-16

Caspern CJ, Powell KE, Christenson GM (1985) Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports* 100: 126-131

Craig AB, Pendergast DR (1979) Relationship of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 11: 278-283

鎌田安久, 栗林徹, 山下芳男, 北田雅子 (1995) 水泳におけるプルの能力と泳力, 岩手大学教育学部研究年報 54: 89-102

河村剛光, 塩原克幸, 吉義宏, 小倉祐司 (2006) 大学野球選手の競技力とフィールドテスト結果の関係 -野球におけるフィールドテストの有用性と利用限界-. トレーニング科学 18: 219-228

Clarys JP, Rouard, AH (1996) The frontcrawl downsweep: shoulder protection and/or performance inhibition. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 36: 121-126

Deschodt, VJ, Arsac LM, Rouard AH (1999) Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 80: 192-199

半田徹, 加藤浩人, 長谷川伸, 岡田純一, 加藤清忠 (2008) 筋力トレーニングのベンチプレス系3種目における大胸筋, 前鋸筋および三角筋の筋電図学的研究. スポーツ科学研究 5: 58-70

Hawley JA, Williams MM (1991) Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International Journal of Sports Medicine* 12: 1-5

Hogger WW, Hopkins DR, Bareete SL (1990) Relationship between repetition and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained males and females. *Journal of Strength and Conditioning Research* 4: 47-54

Holmer I (1974) Energy cost of arm stroke, leg kick, and the whole stroke in competitive swimming styles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 33: 105-118

Holmer I (1974) Propulsive efficiency of breast-stroke and freestyle swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 33: 95-103

出村慎一, 松浦義行 (1979) 筋力と水泳パフォーマンス. 体育学研究 24: 59-69

生田泰志, 松田有司, 山田陽介, 来田宣幸, 小田伸午 (2010) クロール泳における泳速度, ストローク頻度およびストローク長の変化と筋活動の変化. 体力科学 59: 427-438

Hawley JA, Williams MM, Vickovic MM, Handcock PJ (1992) Muscle power predicts freestyle swimming performance. *British Journal of Sports Medicine* 26: 151-155

Kanehisa H, Miyashima M (1983) Effect of isometric and isokinetic muscle training on static strength and dynamic power. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 50: 365-371

Lavoie JM, Montpetit RR (1986) Applied physiology of swimming. *Sports Medicine* 3: 165-189

Maglisco EW, 高橋繁浩, 鈴木大地 監訳 (2005) スイミングファステスト. ベースボールマガジン社, 東京: pp 119 - 125

松田有司, 山田陽介, 赤井聡文, 生田泰志, 野村照夫, 小田伸午 (2010) 100m 自由形におけるストローク頻度とストローク長からみた泳タイプ分類. 体力科学 59: 465-474

松原茂 (1988) 高校野球選手の体力医学的研究. 日本大学理工学部一般教育室彙報 44: 17-29

Mercier B, Granier P, Mercier J, Trouquet J, Prefaut Ch (1993) Anaerobic and aerobic components during arm-crank exercise in sprint and middle-distance swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 66: 461-466

真鍋芳明, 横澤俊治, 尾縣貢 (2004) 動作形態の異なるスクワットが股関節と膝関節まわりの筋の活動および関節トルクに与える影響. 体力科学 53 : 321-336

宮下充正 (1981) スポーツ選手におけるアイソキネティックトレーニング-水泳選手の場合-. 日本体育学会大会号 32 : 79

宮下充正 (1995) クロール泳に関する調査研究報告書. 財団法人日本水泳連盟, 東京: pp5-8

Mosterd WL, Jongbloed J (1964) Analysis of the stroke of highly trained swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 20: 288-293

Nicks D.C. and Fleishman E.A. What do physical fitness tests measure? – A review of factot analytic studies. *Educational and Psycholosical Mesaurement* 22 : 77-94. 1962

野村照夫, 松浦義行 (1987) 水泳パフォーマンスに関与する能力の抽出とその相対的貢献度. 体育学研究 31: 293-303

奥野景介, 生田泰志, 若吉浩二, 野村照夫 (1998) 一流選手の 100m 自由形における競泳のレース分析 - 1996 年度および 1997 年度日本選手権大会の比較-. 大阪教育大学紀要第 4 部門 47: 211-233

Rouard AH & Billat RP (1990) Infulences of sex and level of performance on freestyle stroke: an electromyography and kinematic study. *International Journal of Sports Meicine* 11: 150-155

Rouard, AH, Clarys JP (1995) Cocontraction in the elbow and shoulder muscles during rapid cyclic movements in an aquatic environment. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 5: 177-183

酒井達郎, 礒繁雄 (2005) 競泳選手のパワー発揮動態. 松山大学論集 16: 1-13

島野敬四郎, 内藤譲, 湯浅景元 (1994) ハーフスクワットとベンチプレスにおける負荷重量と筋活動量との関係. 中京大学論叢, 35: 75-85

Sharp RL, Troup J P, Costill DL (1982) Relationship between power and sprint swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 14: 53-56

須藤明治, 角田直也, 藤原寛康, 小林寛道 (2001) 上肢の筋形態及び筋機能特性とアームストローク泳との関係. トレーニング科学 12: 161-170

田口公正, 進藤宗洋, 古賀長善 (1972) クロール泳法における Pull Speed, Kick Speed の Dash Speed への貢献度の研究. 福岡大学体育学研究 2: 129-137

田中守, 内田美津, 進藤宗洋, 田中宏暁, 安田寛, 北林健治 (2004) ハンドボール選手の遠投力とベンチプレスによる筋パワーとの関係. スポーツ方法学研究 17: 99-107

田井村明博 (1981) 柔軟性と水泳パフォーマンスとの関係. 長崎大学教養部紀要 (自然科学篇) 21: 71-78

田井村明博 (1996) 体力と水泳パフォーマンスの関連. 長崎大学教養部紀要 (自然科学篇) 36: 79-90

高橋淳一郎, 藤本秀樹, 南隆久, 榎本至, 小森康加, 高橋宗良 (2003) 水球トップ選手の競技レベルとパフォーマンステストの関係. スポーツ方法学研究 16: 83-90

高松薫, 江波久美子, 麻場一徳, 石島繁 (1998) 100m クロール泳速度と上肢各部位の等速性筋力および筋持久力との関係. 筑波大学体育科学紀要 11: 213-220

Toussaint HM, Hollander AP (1994) Energetics of competitive swimming: Implications for training programmers. *Sports Medicine* 18: 384-405

Troup JP (1994) The physiology and biomechanics of competitive swimming. *Clinics in Sports Medicine* 18: 267-285

卯野優, 伊藤輝雄, 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫 (1997) 一流ヤリ投げ選手の競技記録と 1RM 挙上重量に関する縦断的研究. トレーニング科学 8: 103-110

Vaccaro P, Clarke DH, Morris AF (1980) Physiological characters of young well-trained swimmers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 44: 61-66