

博士学位論文

ボディコンタクトによる筋力発揮が混戦型球技種目選手
の無酸素性パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響

平成 27 年度

明 石 光 史

福岡大学大学院 スポーツ健康科学研究科

目 次

第一章 研究の背景

- I. 混戦型球技種目の活動特性
- II. 間欠運動の生理学特性
 - A. 間欠運動の規定因子
 - B. 間欠運動に関与するエネルギー供給系
- III. 球技種目における無酸素性パワーの間欠的発揮能力
 - A. 球技種目選手における無酸素性パワーの間欠的発揮能力
 - B. 球技種目選手における無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の評価
 - C. 球技種目における試合中の無酸素性走パワーの間欠的発揮能力

第二章 混戦型球技種目の試合におけるパフォーマンス低下

- I. 混戦型球技種目の試合におけるパフォーマンス低下の要因
- II. ボディコンタクトが及ぼす筋への影響
- III. 試合中のボディコンタクトが及ぼす影響

第三章 研究の目的

- I. 研究の目的

第四章 筋力発揮が無酸素性パワーの間欠的発揮能力や走パワーの間欠的持続能力に及ぼす影響

- I. 受動的な身体接触が走パワーへ及ぼす影響 - 漸増負荷運動と間欠運動に着目
- II. 筋力発揮が無酸素性走・投パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響
- III. 筋力発揮がスピード型走パワーと力型走パワーの間欠的持続能力に及ぼす影響

第五章 討論

- I. 結論
- II. 今後の課題

第六章 図表

第七章 引用参考文献

謝辞

第一章 研究の背景

I. 混戦型球技種目の活動特性

大多数あるスポーツ種目は、それぞれの活動特性によりいくつかに分類される。その中の球技種目は混戦型球技種目とも表現され(デーブラー, 1988), ハンドボール, サッカー, ラグビー, ラクロス, バasketボールなどが挙げられる。これらの種目の試合中の総移動距離は、ハンドボールで約 4500m~8000m (田中ほか, 1997a; 田中ほか, 2002; 舍利弗ほか, 2004; 伊藤ほか 2007), サッカーで約 10000m~11000m (宮城ほか, 1997; 谷所ほか, 2009), バasketボールで約 6000m (谷所ほか, 2009), ラグビーで約 5000~8000 m (Brewer and Davis, 1995; 森ほか, 1999) にも及ぶことから、優れた全身持久力が必要とされる競技である。また、高強度な無酸素性の動きも必要とされ、ハンドボールの試合中においては、パスは 64.8 回程度、ジャンプは 17.5 ± 11.2 回程度、シュートは 9.3 ± 4.5 回程度、ルール上許されている身体接触については、激しいもので 15~40 回程度、やや激しいものでは 20~150 回程度にまで達する (田中ほか, 1997a; 田中ほか, 2002)。また、ラグビーの試合中における選手一人当たりのタックルは 20~40 回程度に及び (Brewer and Davis, 1995; 森ほか, 1999), サッカーの試合中における走方向の転換数は 730 回程度にも及ぶとされている (Bloomfield J et al., 2007)。

これらの無酸素的な動きと有酸素的な動きの割合を移動速度の観点から見てみると、ハンドボール試合中においては、sprint, fast running, moderate running の無酸素的な動きが約 10%, slow running, standing などの有酸素的な動きが約 90%の割合でランダムに混在している。ハンドボール試合中のある時間における運動強度の推移を示した図 1 を見てみると、間欠的運動の特徴を有している競技であることが分かる (田中ほか, 1997a)。また、サッカーの試合中の運動特性をみてみると移動距離の約 70%が秒速 4m以下の有酸素性のスピードであり (宮城ほか, 1997), 試合中に利用させる全エネルギーのうち約 98%は有酸素系から供給され、無酸素系の貢献度は約 2%にすぎないという試算が示されていることから、サッカーが間欠的運動の特徴を有している競技と言える (Bangsbo, 1994b)。この間欠的運動の特徴は、ラグビー競技においても同様に言われている (森ほか, 1999)。

II. 間欠運動の生理学的特性

A. 間欠運動の規定因子

ハンドボール, サッカー, ラグビーなどに見られる間欠運動の特徴は多くの球技スポー

ツに見ることが出来、球技スポーツの競技力を構成する一要素としての特殊持久力と言える (デーブラー, 1988). 低強度運動を長時間持続的に発揮する持久力とは異なる特殊持久力としての間欠運動は、主運動の運動強度と持続時間、回復期の運動強度と持続時間、運動の総持続時間の 5 つの因子から成り立ち、これらの組み合わせは無限に存在し、その組み合わせによって大きく変化する (山本, 1994 ; 坂井ほか, 2010).

間欠運動における主運動の運動強度のみを変化させた山本・金久 (1991) の研究では、運動強度を 80, 100, 120, 140, 160rpm と変えて間欠運動を行い、その後の血中乳酸濃度を比較した. 運動期の時間は 5 秒間、休息時間は 20 秒、負荷重量は被験者の体重の 7.5% とし、それらを 20 セット行った. その結果、運動期の強度 80rpm, 100rpm までは血中乳酸濃度の値は安静時の値よりわずかに上昇したのみであったが、120rpm で行った時に 5mmol/l 程度、140rpm の時に 11mmol/l 程度まで血中乳酸値が増加し、160rpm で行った時では運動の途中で指定された運動強度に追従できなくなった. このように主運動の運動強度の変化は、間欠運動の継続を大きく左右する因子と言え、運動強度が強い方が間欠運動の継続を困難にさせると言える.

次に、主運動の持続時間のみを変化させた山本・金久 (1991) の研究では、主運動の時間を 3, 5, 10, 20 秒と変化させて間欠運動を行い、その後の血中乳酸濃度を比較した. 運動強度は、負荷重量を被験者の体重の 7.5%、ペダリング速度を 100rpm、休息時間は 20 秒とし、それらを 20 セット行った. その結果、運動期の時間が 5 秒以下の時の血中乳酸濃度は、安静時の値よりわずかに上昇したのみであった. 運動期の時間が 10 秒になると血中乳酸濃度が 5mmol/l 程度になり、20 秒になると 11mmol/l 程度にまで上昇した. このように主運動の持続時間の変化は間欠運動の継続を大きく左右する因子と言え、持続時間が長い方が間欠運動の継続を困難にさせると言える.

回復期の運動強度のみを変化させた Fox (1969) の研究では、運動負荷を等しくさせ回復期 20 秒の間を安静状態と最大下でのランニングの 2 種類の条件下で間欠運動を行った. その結果、回復期に最大下の運動を行った場合では血中乳酸濃度の上昇が、安静状態の場合より高値を示した. 従って、回復期の運動強度が高い方が間欠運動の継続を困難にさせると言える.

回復期の持続時間について変化させた先行研究をみると、山本・金久 (1991) は回復期の持続時間を 40, 30, 20, 10, 5 秒と変化させて間欠運動を行ったときの血中乳酸濃度を比較した. 運動強度は、負荷重量を被験者の体重の 7.5%、ペダリング速度を 100rpm,

運動時間は5秒とし、それらを30セット行った。その結果、休息時間を20秒間はさんだ場合、血中乳酸濃度は安静時の値よりわずかに上昇するのみであったが、休息時間が10秒間の時に4mmol/l程度、5秒間の時に11mmol/l程度になり、休息時間が短くなるとそれに応じて血中乳酸濃度の値は上昇していった。また、山本（1989）は自転車エルゴメータを用いて、10秒間の全力運動を10セット行った。その時の回復期の持続時間を10、20、50秒と変化させて間欠運動を行ったときの発揮パワーを測定した。その結果、運動初期の発揮パワーの大きさはどの条件もほぼ同じとなるが、運動が経過するにつれて発揮できるパワーの大きさに差が生じ、発揮パワーの減少は休息期の時間が50秒の時の間欠運動で最も小さく、休息期の時間が10秒の時の間欠運動で最も大きくなった。さらに、Margaria et al.（1969）はトレッドミルを用いて運動強度を18km/h、斜度15%の負荷で、回復期の時間を0、10、20、30秒と変化させた運動を疲労困憊に至るまで行った。その結果、回復時間0秒である連続運動において約40秒でオールアウトに至り、血中乳酸濃度の上昇も一番高値を示した。間欠運動においては回復時間が長いほどオールアウトに至る時間が長くなり、血中乳酸濃度の上昇も少なかった。田中ほか（1997b）は、往復40m走の間欠運動を10セット行い、その時の休息期の時間を30、45、60秒と変化させて各セット実速度の低下を調べた結果、各セット実速度の低下は休息時間60秒の場合は10セットを通して変化は見られなかった。休息時間45秒の場合は、1セット目に対し3、10セット目に有意な低下を示した。休息時間30秒の場合は1セット目に対し2セット目以降に有意な低下を示し漸減していった。このように回復期の持続時間の変化は間欠運動の継続を大きく左右する因子と言え、持続時間が短い方が間欠運動の継続を困難にさせると言える。

以上のように主運動の運動強度の増大、持続時間の増大、回復期の運動強度の増大、持続時間の減少が起こると、間欠運動の継続に影響を及ぼすことが示唆された。さらに、主運動の持続時間と回復期の持続時間の長短は、間欠運動の総持続時間に影響を及ぼすものであるから、これを含めた5つの因子が間欠運動の特性を規定すると示唆される。

B. 間欠運動に関与するエネルギー供給系

山本・金久（1989）は10秒間の全力ペダリングを20秒間の休息をはさんで10セット行う間欠運動を行った。また、同被験者にATP-CP系、乳酸系、有酸素系のエネルギー供給能力を測定し、間欠運動の発揮パワーの推移と各エネルギー供給能力との関係性を検討した。その結果、ATP-CP系は間欠運動初期の発揮パワーとのみ有意な相関関係を示し、乳酸系は

間欠運動のいずれの時点の発揮パワーとも関連を示さなかった。有酸素系は間欠運動の中盤から後半にかけての発揮パワーと有意な相関関係を示した。次に, Gaitanos et al. (1993) は6秒間の全力ペダリングを30秒間の休息をはさんで10セット行う間欠運動を行った。また, 間欠運動における最初のセットの前後, 及び最後のセットの10秒前と直後の時間帯に外側広筋において筋バイオプシーを行い, 無酸素的にATPを再合成する筋肉内PCrと解糖系の変化を分析した。その結果, 1セット目と比べ, 10セット目の無酸素的ATP再合成量は約65%減少したのに対して, 10セット目における発揮パワーの減少は27%の減少にとどまった。このことは, 無酸素的代謝によるATP供給量は間欠運動の反復回数に伴い減少し, 有酸素系によるATP供給の貢献度が増大したことにより発揮パワーの低下を抑制したことを示唆している。

以上の先行研究から比較的高強度な間欠運動の発揮パワーは, 間欠運動初期における主運動で使用したエネルギーを回復期に回復することが不十分となり, 次期主運動に必要とするエネルギーを次第に確保できなくなり発揮パワーが減少していくことを示している。このような間欠運動におけるエネルギー供給系の関与は, 間欠運動の初期における主運動は無酸素性作業能力の影響が強く, 運動が続くにつれその影響は減少するのに対し, 有酸素性作業能力の影響は間欠運動の初期においては影響が少なく, 運動が続くにつれその影響は増大することを示唆している(芳賀・大野, 2003)。

Ⅲ. 球技種目における無酸素性パワーの間欠的発揮能力

A. 球技種目選手における無酸素性パワーの間欠的発揮能力

これまで間欠運動の生理学特性に関する先行研究は数多く報告されているが, 球技種目特有の動作様式を取り入れた研究は少ない(坂井ほか, 2010)。さらに, それらの先行研究を実際の指導現場に生かすためには, 一般に独立した個別の研究対象として扱われる体力要素を, 間欠的なハイパワー発揮能力を構成する要素として有機的・構造的に捉える必要がある(坂井ほか, 2010)。そこで, 坂井ほか(1999; 2000)は間欠運動の主運動として球技種目選手特有の無酸素性作業能力を評価する方向変換走を用い, 回復期の運動に20m往復走を用いて間欠運動を行った。その研究では被験者を各体力要素の優劣によって2群(有酸素性作業能力に優れる群と劣る群, 無酸素性作業能力に優れる群と劣る群, 解糖系に優れる群と劣る群), 4群(有酸素性作業能力に優れ無酸素性作業能力にも優れる群, 有酸素性作業能力にのみ優れる群, 無酸素性作業能力にのみ優れる群, 有酸素性作業能力に劣り無

酸素性作業能力に劣る群), タイプ毎(無酸素性作業能力に対する有酸素性作業能力の比率から相対的に有酸素性作業能力に優れる aerobic type, 相対的に無酸素性作業能力に優れる anaerobic type) に分け比較検討している. その結果, 球技種目特有の無酸素性走パワーの間欠的発揮能力において, その発揮パワー低下を少なくするためには有酸素性作業能力に優れる必要性があり, 各選手の体力要素が相対的に有酸素性作業能力に優れる(aerobic type) ことも重要であると示唆している.

B. 球技種目選手における無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の評価

球技種目選手における体力は, 個別の体力要素をそれぞれ測定・評価しているが, 有酸素性作業能力や無酸素性作業能力が相互に作用する間欠的発揮能力についても測定・評価する必要性が考えられる. そこで明石ほか(2005)は, 回復時間の少ない無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の簡易な測定・評価法を検討するため, 球技種目特有の動きである方向変換を組み込んだ20m往復スプリントを20秒ごとに8セット繰り返す間欠運動を行った. その結果, 20m往復走5~8セットの少ないセットで個人のスプリント能力, 有酸素性作業能力をも反映させた無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を簡易に測定・評価できると報告した.

C. 球技種目における試合中の無酸素性走パワーの間欠的発揮能力

球技種目における間欠運動の発揮パターンは試合展開によって異なってくる. サッカー競技やハンドボール競技は, 1試合のうち約10%の無酸素的な動きと約90%の有酸素的な動きで展開されているが, 実際はそれらがランダムに混在するため試合の展開によっては高強度の運動が集中的に求められる回復時間の少ない間欠運動を行っている局面がある. このような球技種目における回復時間の短い場面を想定した無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に関する研究は多い(田中ほか, 1997b; 坂井ほか, 1999; 坂井ほか, 2000; 明石ほか, 2005). 一方, 実際のハンドボール競技は1試合60分間, サッカー競技では90分間に亘って間欠運動を行っており, 1試合を通して試合の最後まで高強度の無酸素性の動きを間欠的に発揮する能力も要求されることから, 回復時間の短い間欠運動の発揮能力とは異なると考えられる. そこで, 球技種目の試合全体を想定した無酸素性走パワーの間欠的発揮能力についても検討する必要性が考えられた.

明石・田中(2005)は, 実際のハンドボールの試合60分間を通しての無酸素性走パワー

の間欠的発揮能力を検討するため、実際のハンドボール試合中と同等の移動距離や平均心拍数で（田中ほか，1997a；田中ほか，2002；舍利弗ほか，2004），試合中に観られる運動様式の20m往復走や25m方向変換走，サイドステップ，クロスステップ，シュート，筋力発揮を用いて設定したGame Stamina Testを行った．その時の20m往復走と25m方向変換走の間欠的発揮能力の推移と体力要素との関連性を分析した．有酸素性作業能力に優れる群と劣る群で比較した結果，1試合を通して個人の持つ無酸素性走パワーを間欠的に発揮し続けるためには有酸素性作業能を高めることが重要であると報告した．しかし，実際の試合中では，両群ともに常に高強度の無酸素性パワーが必要とされている（図2）．試合序盤において有酸素性作業能力に劣る群は，優れる群と同じペースで無酸素性パワーを発揮できるが，試合時間が経過するにつれて無酸素性運動の間隔を空けなければ高い無酸素性パワーを発揮出来なくなることが示唆された．

このような，球技種目1試合を通しての無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の検討は，サッカー競技（Bangsbo and Lindquist, 1992；斉藤・丹，2001），バスケットボール競技（栗添ほか，2004）でも同様な研究が行われており，有酸素性作業能力に優れることが無酸素性走パワーを維持するために重要であるという知見が報告されている．

第二章 混戦型球技種目の試合におけるパフォーマンス低下

I. 混戦型球技種目の試合におけるパフォーマンス低下の要因

混戦型球技種目においてパフォーマンスの低下が顕著に表れるのは、間欠的に発揮される無酸素性パワーの低下が見られた時と考えられる。全身運動としての無酸素性走パワーを間欠的に発揮する場合のパフォーマンス低下については、前章までに述べたようにエネルギー供給系や体力要素の観点から研究が行われてきた。一方、筋の力発揮、瞬間的なパワー発揮などの動きを繰り返すことによるパフォーマンス低下は、エネルギー供給系だけでなく、中枢神経系の興奮水準の低下もその要因とされている (Bigland-Ritchie, 1981)。しかしながら、混戦型球技種目はその種目特性上ボディコンタクトが繰り返されている (田中ほか, 2002 ; 戸田ほか, 2010)。受動的かつ衝突的なボディコンタクトの繰り返しや、能動的な押し合いなどのボディコンタクトは、無酸素性パワーの間欠的発揮能力に影響を及ぼし、そのパフォーマンス低下の要因はエネルギー供給系や中枢神経系以外も関与していると考えられる。

II. ボディコンタクトが及ぼす筋への影響

骨格筋は運動刺激により損傷を起こし、休養や栄養を得た後に筋の肥大、機能向上を起こす性質を持っている。ここでの損傷は、safran ほか (1989) によって分類されている「タイプ I : 軽度の損傷」であり、筋原線維や筋繊維周囲の結合組織の微細な損傷である。また、筋に損傷を起こす運動刺激は伸張性筋収縮時に起こるとされており、具体的には衝撃を和らげる時などの負荷を吸収するとき、ダンベル運動やバーベル運動などの意識的に筋力発揮レベルを負荷より小さくし筋に伸張刺激を与える場合、最大筋力発揮よりも大きな負荷で筋が伸張される場合などが挙げられる (平野・加賀谷, 2002)。実際、混戦型球技種目の試合中は、様々な動きの中で伸張性筋収縮、短縮性筋収縮が繰り返し行われているが、特に激しいボディコンタクトや地面への倒れこみなどの衝撃を和らげる時には激しい伸張性筋収縮が起きており、その結果筋の損傷を引き起こしていると言われている。損傷を受けた筋線維の発揮筋力は、低下するとされていることから (Newham et al., 1987 ; Clarkson et al., 1992)、繰り返されるボディコンタクトはパフォーマンス低下の要因になっていると言える。

筋損傷の程度は、CK 活性値と血中 Myoglobin 濃度の変動で把握することが出来る。CK 活性値は、心筋や骨格筋に多量に存在する酵素であり、ADP と CP から ATP の再合成を触媒

する。筋細胞の損傷、破壊により血中に逸脱してくるので、筋損傷の程度を測定できる。その分析された量は、200IU/L まではトレーニングによる生理的変化といえるが、200～1000IU/L では激しい筋運動による骨格筋の損傷である場合が多いと言われている（河辺，1997）。また、血中 Myoglobin 濃度は、心筋や骨格筋に存在するたんぱく質であり、筋細胞の崩壊時に細胞外へ逸脱して血中に流入し、さらに尿中に排泄される。そのため、血中 Myoglobin 濃度を測定することにより、筋損傷の程度を調べることが出来る。正常値は約 70ng/ml 以下と言われている（小立，1987）。

Ⅲ. 試合中のボディコンタクトが及ぼす影響

混戦型球技種目であるサッカーでは、試合後の CK 活性値と血中 Myoglobin 濃度が顕著に増加したことからサッカーの試合が大きな筋損傷を引き起こし、脚筋力、スプリント能力などの無酸素性パフォーマンスにおいては試合後 72 時間低下したと報告した (Ascensão et al., 2008 ; Ispiridis et al., 2008)。また、ラグビー (Takarada, 2003 ; 竹内ほか, 2005 ; 戸田ほか, 2010) やバスケットボール (Chatzinikolaou et al., 2014)、ハンドボール (田中ほか, 2007 ; Marin et al., 2011) においても、試合後のパフォーマンス低下や筋損傷の程度を同様に報告している。しかしながら、混戦型球技種目の試合中はさまざまな活動を行っており、それらの内どの運動が筋損傷を引き起こす直接的要因になっているか明らかにする必要が考えられる。

身体への衝撃が主なボクシングの先行研究によると、実際の試合と実際の試合と同等の負荷を設定した身体への直接の衝撃が無いシャドーボクシングを行い、実際の試合の方が CK 活性値と血中ミオグロビン濃度が顕著に増加したことから、試合後の筋損傷はパンチによる身体への直接的な衝撃によるものであることを示唆している (Zuliani et al., 1985)。また、ラグビーにおいては、試合後の CK 活性値と血中 Myoglobin 濃度が顕著に増加したことから、ラグビーの試合が大きな筋損傷を引き起こし、その程度はタックル数と密接に関係していると報告している (Takarada, 2003)。これらのことから、身体への直接的な衝撃の繰り返しは、筋損傷を引き起こしパフォーマンスの低下をもたらしているといえる。

第三章 研究の目的

I. 研究の目的

これまで行われてきた混戦型球技種目の選手を対象とした間欠運動の研究は、試合中の活動特性を考慮し方向変換走や往復走を用いて無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を論じてきた。しかし、試合中に発現する激しいボディコンタクトを考慮した無酸素性パワーの間欠的発揮能力について行われた研究は少ない。このボディコンタクトは、ラグビーのタックルを受けるような受動的なものだけでなく、相手選手を能動的に押す動作もあり、ボディコンタクト時の筋力発揮の様相は異なると考えられる。また、混戦型球技種目において試合終了まで無酸素性走パワーを発揮し続けるためには、有酸素性作業能力に優れる必要性が示されている。しかし、そのボディコンタクトが有酸素性作業能力に及ぼす影響についての検討はされていない。

そこで、本研究ではボディコンタクトを想定した能動的、または、受動的な筋力発揮と走パワーとの関係に焦点を絞り、筋力発揮が無酸素性走パワーの間欠的発揮能力及び疲労困憊に至る走パワー持続能力に及ぼす影響を検討する。さらに、その低下の程度と体力特性との関連性から、混戦型球技種目に必要な複合的な体力を捉えることを目的とし、関連する先行研究を含め以下の3つの課題を解決する。

課題1：受動的な身体接触が走パワーへ及ぼす影響 - 漸増負荷運動と間欠運動に着目

課題2：筋力発揮が走・投パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響

課題3：筋力発揮がスピード型走パワーと力型走パワーの間欠的持続能力に及ぼす影響

第四章

筋力発揮が無酸素性パワーの間欠的発揮能力や走パワーの間欠的持続能力に及ぼす影響

混戦型球技種目の試合中に起こる筋力発揮を考慮し無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に組み込んだ研究はいくつか見られる。Johnston and Gabbett (2011) は、ラグビー選手を対象として走運動にタックルを組み込んだ間欠運動を、森口ほか (2009) はハンドボール選手を対象として走運動に筋力発揮と投運動を組み込んだ間欠運動を行っている。しかし、Johnston and Gabbett (2011) の研究におけるタックル強度は自主最大努力であることから、ボディコンタクトの強度は定量化されていない。また、森口ほか (2009) の研究では、間欠運動の回復時間が長いことからハンドボール試合中に見られる回復時間の短い間欠運動を反映していないと考えられる。従って、筋力発揮の定量化、球技種目の特有の動きを考慮して、筋力発揮が無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響を検討する必要が考えられる。

課題1. 受動的な身体接触が走パワーへ及ぼす影響 - 漸増負荷運動と間欠運動に着目

原著論文：明石光史・田中 守・田中宏暁・檜垣 靖樹（2014）ハンドボール競技選手におけるボディコンタクトが走パワーへ及ぼす影響-漸増負荷運動と間欠運動に着目して
-：体育学研究，59：745-754.

I. 緒言

ハンドボール競技は，スプリント，ランニングなどの無酸素性の動きが約10%，ジョギング，ウォーキング，スタンディングなどの有酸素性の動きが約90%の割合で，それぞれの動きがランダムに混在する間欠的競技である（田中ほか，1997a；田中ほか，2002）．さらに，ジャンプ，シュート，激しいボディコンタクトなどの動きも見られ，試合中の総移動距離は4500m～7000mまでも達し，心拍数は170拍/分前後で推移することから，筋の損傷をも引き起こす大変高強度な競技である（田中ほか，2002；Marin et al., 2011）．このような競技特性からハンドボール競技は，有酸素性作業能力と無酸素性作業能力のいずれも高い水準を必要とする競技と言える（田中ほか，1997b；田中，1999）．試合の中では，無酸素性の動きが間欠的に繰り返されており，その中でも無酸素性走パワーを試合終了間際まで発揮し続けるためには有酸素性作業能力が必要であると報告されている（斉藤・丹，2001；栗添ほか，2004；明石・田中，2005）．しかし，両方の体力要素に優れた選手であっても，試合終了間際まで高いパフォーマンスを発揮し続けることが出来ないことが予想される．その根拠は，ハンドボール競技が混戦型球技種目であり，試合中において強弱合わせ35～190回にもおよぶボディコンタクトを持ち合わせている（田中ほか，2002）コンタクトスポーツだからである．実際，ハンドボールと同様の混戦型球技種目であるラグビーにおいても，試合後に筋損傷が引き起こされ（戸田ほか，2010），筋損傷の程度と試合中のタックル数とが有意な正相関関係であると報告されている（Takarada, 2003）．従って，ハンドボールにおいてもボディコンタクトが試合中のパフォーマンス低下に大きく影響していると考えられる．このようなことから，従来から行われてきた有酸素性作業能力や無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の測定では，混戦型球技種目特有のボディコンタクトの影響を捉えることが出来ないと考えられる．

フィールドにおける有酸素性作業能力の測定評価法には，12分間走（Cooper, 1968），マルチステージフィットネステスト（Leger and Lambert, 1982），yo-yo test（Bangsbo, 1994a）などがあり，多くの現場で活用されている．これらの測定に定量化したボディコン

タクトを組み込むことにより、混戦型球技種目特有の走パワー持続能力を検討することが出来ると考えられる。

一方、無酸素性パワーの間欠的発揮能力に関する研究はこれまで数多く行われており様々な運動形態で行われているが（山本，1994；坂井ほか，1999；坂井ほか，2000；明石ほか，2005），これらの研究の多くは単一の運動形態のみで行っており，混戦型球技種目の中で展開されているボディコンタクトを複合的に組み合わせた研究は少ない．その中で，Johnston and Gabbett（2011）は，ラグビー選手を対象として走運動にタックルを組み込んだ間欠運動を，森口ほか（2009）や明石ほか（2010）は，ハンドボール選手を対象として走運動に筋力発揮と投運動を組み込んだ間欠運動を行っている．しかし，Johnston and Gabbett（2011）の研究におけるタックル強度は自主最大努力であることから，ボディコンタクトの強度は定量化されていない．また，森口ほか（2009）の研究では，間欠運動の回復時間が長く，方向変換走の距離が長いことからハンドボール試合中に見られる回復時間の短い間欠運動を反映していないと考えられる．

そこで本研究では，有酸素性作業能力と回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の測定に定量化されたボディコンタクトを組み込み，ボディコンタクトが有酸素性作業能力と間欠的に発揮する無酸素性走パワーへ及ぼす影響について体力特性の観点から検討することを目的とした．

II. 方法

A. 被験者

大学男子ハンドボール選手 14 名（年齢：19.4±0.8 歳，身長：172.8±7.2cm）全員コートプレーヤーで，全ての攻撃ポジションから被験者を選抜した．これらの被験者には，研究の目的及び測定に関する説明を十分に行い，インフォームドコンセントを得た．本研究は，福岡大学に設置された研究倫理委員会の承認を受けている．

B. 体力特性項目及び測定方法

1. 体重 (body weight)

デジタル体重計を使用し，下着姿の状態体重を測定した（以下「BW」と略す）．

2. 筋力 (maximal strength in bench press exercise)

ベンチプレスによる筋力値は、体幹の推定筋量と有意な相関関係であったと報告されている(榎木ほか, 2013)。また、ベンチプレスは、競技現場におけるトレーニングとして活用頻度が高く、本研究におけるボディコンタクトを受ける箇所である胸部の筋力を評価する筋群であることから、ベンチプレスを筋力の代表値とした。ベンチプレスは一回挙上できる最大重量を測定した(以下「BPmax」と略す)。腕を伸展させた状態からバーベルが軽く胸に付く程度腕を屈曲させ、再び腕を完全に伸展した状態までの挙上を行った。その際、屈曲、伸展速度の条件を設けなかった。なお、ボディコンタクトの負荷は全被験者一律定量であるため、体重の影響を考慮した相対値は採用せず絶対値を採用した。

3. 有酸素性作業能力

Bangsbo (1994a) によって考案された有酸素性作業能力を評価するものとして yo-yo intermittent endurance test-Level 1 を行った(以下「yo-yo IE」と略す)。スタート地点から前方20mの地点と、スタート地点より後方2.5mの地点にポイントを設置した(図3)。ペースメーカーの音に合わせてスタート地点より20m往復走を行い、その後ジョギングをしながら後方のポイントを5秒で周回する。以上のことを繰り返し、徐々に速度を漸増させリズムについていけなくなった時点を疲労困憊とした。この時点での往復回数から総走行距離を求めた。

4. 無酸素性作業能力

無酸素性作業能力を評価する指標として、20m往復走(20m×2)を測定した。無酸素性走パワーの間欠発揮能力の測定における試走の2セットと間欠走1セット目、ボディコンタクトを含む無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の測定における試走の2セットと間欠走1セット目、合計6セットを無酸素性作業能力の評価対象とした。その6セットの内、最高速度を無酸素性作業能力の値とした。

C. 無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の測定方法

無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の測定として20m往復走の間欠運動、Intermittent Shuttle Sprint Test(以下「ISST」と略す)を行った(図3)。2分毎に20m往復走の試走を2本行い、その後20m往復走を繰り返し8セット実施した。セット間の回復時間は20

秒とし、休息方法は自由とした。20m往復走のタイムは、フィットネスアポロ社製のスピードトラップを使用し測定した。

D. ボディコンタクトを含む有酸素性作業能力，無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の測定方法

1. ボディコンタクトを含む有酸素性作業能力

ボディコンタクトを含む有酸素性作業能力の測定として yo-yo intermittent endurance body contact test-Level 1 (以下「yo-yo IE BC」と略す)を行った。ボディコンタクトは、地面から4mの天井に設置されたロープに体重75kgのヒトを捕まらせ、補助者によってロープ真下の基準点から2m後方へ引っ張り、そこから放たれた振り子を鉛直時に被験者が身体の前面で受け止めることとした(図3)。コンタクト時は、定位置に位置取り足がその場から動かないように指示、腕については補助的に使用することを認めた。yo-yo IE BCは、yo-yo IEの5秒間のジョギング時にボディコンタクトを行った。ペースメーカーの音に合わせ20m往復走を行い、リズムについていけなくなった時点の総走行距離を測定した。

2. ボディコンタクトを含む無酸素性パワーの間欠的発揮能力

ボディコンタクトを含む無酸素性パワーの間欠的発揮能力として Intermittent Shuttle Sprint Test に body contact を加えた測定を行った(以下「ISST BC」と略す)。ISST BCは、ISSTにおける20m往復走の回復時にボディコンタクトを行った。この測定におけるボディコンタクトも、yo-yo IE BCにおけるボディコンタクトと同様な方法で行った。フィットネスアポロ社製のスピードトラップを使用して各セットの走行タイムを測定した。

E. 測定順序およびウォームアップ

yo-yo IE, yo-yo IE BC, ISST, ISST BCの測定は、順序効果を考慮してランダムに行った。また、全ての測定前には15分間のウォームアップを行った。ウォームアップメニューは全被験者同じ内容で行い、ストレッチ、方向変換走、全カスプリントを含んでいる。ボディコンタクトによる筋損傷の程度を評価するミオグロビン濃度は、6~10時間でピーク値に達し2日程度で正常値に復すること(石井・石川, 1997)から、これらの測定は全て別日で行い1日以上の間隔を設けた。

F. 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。ISST の平均維持率と ISST BC の平均維持率、yo-yo IE の総走行距離と yo-yo IE BC の総走行距離との差の検定には、paired t-test を用いた。また、BW, BPM , yo-yo IE, 20m shuttle sprint の結果を T-score に変換した。そのうち、BW, BPM , yo-yo IE については 50 点以上を上位群、50 点未満を下位群として 2 群に分け、ISST BC の成績を比較した。ISST, ISST BC, ISST BC の 2 群における維持率の経時変化には、一元配置分散分析および多重比較 (Bonferroni) を用いた。さらに、ISST 維持率と ISST BC 維持率との同一セット間、ISST BC の 2 群別維持率の同一セット間における差の検定には、二元配置分散分析を用いた。相関係数の算出には、Pearson の積率相関分析を用いた。なお、統計処理の有意性は危険率 5%水準で判定した。

III. 結果

A. 被験者の特性

被験者の体力特性を表 1 に示した。yo-yo IE にボディコンタクトを加える (yo-yo IE BC) と、総走行距離は yo-yo IE の総走行距離より有意に低い値を示した。一方、ISST にボディコンタクトを加えた (ISST BC) 場合、両者の平均維持率に有意差はみられなかったが、図 4 に示すように 8 セット目に有意な差が認められ、ISST BC が低い値を示した。

B. 各測定項目間の相関係数

各測定項目間の相関係数を表 2 に示した。BW と BPmax との間には有意な正の相関関係が認められた。ISST の平均維持率は yo-yo IE の総走行距離と有意な正の相関関係がみられたのに対し、ISST BC の平均維持率は yo-yo IE の総走行距離と有意な負の相関関係が、BW と BPmax と有意な正の相関関係がみられた。一方、yo-yo IE BC の総走行距離は yo-yo IE の総走行距離のみに有意な正の相関関係がみられた。

C. ISST, ISST BC の維持率と BW, BPmax, yo-yo IE, yo-yo IE BC との関係

ISST 8 セット 各々の維持率と BW, BPmax, yo-yo IE, yo-yo IE BC との相関係数の変化を図 5 に示した。yo-yo IE との間においてのみ、ISST の 2 セット目と 6 セット目以降に有意な正の相関関係が認められた。

次に、ISST BC 8 セット各々の維持率と BW, BPmax, yo-yo IE, yo-yo IE BC との相関

係数を図 6 に示した. BW, BPmax との間において, ISST BC の 2 セット目, 3 セット目以降にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた. 一方, yo-yo IE との間では 5 セット目以降に, yo-yo IE BC との間では 8 セット目に有意な負の相関関係が認められた.

D. BW, BPmax, yo-yo IE の優劣別にみた ISST BC の低下推移

BW, BPmax, yo-yo IE の結果を T-score に換算し, それぞれ体重の指標 (body weight index), 筋力の指標 (strength index), 有酸素性作業能力の指標 (aerobic index) とした. さらに, T-score が 50 以上の上位群と 50 未満の下位群に分け, それぞれの ISST BC 各セット維持率を比較したものを図 7 に示した.

body weight index の優劣で分けたグループ別の ISST BC 維持率は, 2 セットから 7 セットで high body weight group の方が low body weight group より有意に高い維持率を示した (図 7 (A)). strength index の優劣で分けたグループ別の ISST BC 維持率は, 3 セット目のみに high strength group の方が有意に高い維持率を示した. (図 7 (B)). aerobic index の優劣で分けたグループ別の ISST BC 維持率は, 3 セット目以降の全てのセットで low aerobic group の方が有意に高い維持率を示した. (図 7 (C)).

また, 図 8 には ISST BC における 8 セット目の維持率と strength index との関係を high aerobic group と low aerobic group に分けて示したところ, ISST BC 維持率の高い被験者が low aerobic group でまとまり, ISST BC 維持率の低い被験者が high aerobic group でまとまる結果となった.

IV. 考察

ボディコンタクトが多い混戦型球技種目特有の有酸素性作業能力や無酸素性作業能力の間欠的発揮能力の評価は, 従来の体力測定では評価することが出来ないと考えられる. そこで本研究では, 現場にて活用されている回復時間の短い無酸素性パワーの間欠的発揮能力や漸増負荷法による有酸素性作業能力の測定を用いて, これらの測定中に定量化されたボディコンタクトを組み込み, ボディコンタクトが走パワーへ及ぼす影響について体力特性の観点から検討した.

Takarada (2003) の研究によると, ラグビー試合中のフロントタックル数と筋損傷の程度は有意な相関関係にあると報告している. また, ボクシングでは, パンチによる身体への直接的な衝撃が筋損傷を引き起こしていると報告している (Zuliani et al., 1985). さ

らに損傷を受けた筋線維の筋力発揮は低下するとされている (Newham et al., 1987 ; Clarkson et al., 1992). これらの知見は, ボディコンタクトが筋力発揮に何らかの影響を及ぼすことを示唆するものと言える.

そこで, 有酸素性作業能力を評価する yo-yo IE とそれにボディコンタクトを加えた yo-yo IE BC との総走行距離を比較検討したところ, yo-yo IE BC が有意な低値を示した (表 1). さらに, yo-yo IE と yo-yo IE BC との総走行距離に正の相関関係がみられたことから, 被験者には繰り返されるボディコンタクトによるダメージが一様に起こり, 総走行距離が減少した可能性が示唆される (表 2). ただ, このダメージが走運動に必要な脚筋に起こっているかはわからず, また血中ミオグロビン濃度も測定していないため筋損傷の有無も推測できない. なお, yo-yo IE BC と BW, BPmax との間には有意な相関関係がみられなかった (表 2). ボディコンタクト時の衝撃を受け止める筋力やボディコンタクト時の衝撃から身体を支える役割として体重の重要性が考えられ, 筋力が高く体重が重いほど yo-yo IE との差は少ないと思われた. しかし, 軽強度からの漸増負荷テストにおける総走行距離は減少したが, そのような結果は得られなかった.

次に, ボディコンタクトが無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響を検討した. ISST と ISST BC 各 8 セットの維持率を比較検討したところ, 7 セットまで両群に差がみられなかったが, 最終 8 セット目に有意差がみられ, ISST BC の方が低い維持率となった (図 4). なお, ISST と ISST BC との平均維持率に有意差はみられず, 相関関係もみられなかった (表 1, 2). ラグビー選手を対象に, 20 秒間に 20m スプリントを繰り返し 12 セット行う間欠走と, 回復期に能動的なタックルを組み込んだ間欠走を比較した Johnston and Gabbett (2011) の研究では, タックルの影響がスプリントタイムや心拍数等に表れたことから, 今回のボディコンタクトはタックルに比べると影響が少ない低強度であったことが推察される. なお, Johnston and Gabbett (2011) の研究でも, タックルのない間欠走とタックルを組み込んだ間欠走相互の相関関係はみられなかったと報告しており, 本研究結果と同様になったことは興味深い.

次に, ISST BC の各セット維持率と BW, BPmax との相関関係を調べたところ, それぞれ 2 セット目以降, 3 セット目以降に有意な正の相関関係が認められた (図 6). また, 体重, 筋力を上位群と下位群の 2 群に分け ISST BC 各セット維持率を比較したところ, 特に体重の多い上位群の方が有意に高い維持率であり, 筋力の上位群も 3 セット目に高い維持率となった (図 7 (A) (B)). このことから, 混戦型球技種目において, ボディコンタクトを

受けながらも無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の低下を少なくするためには、体重や筋力に優れる必要性が考えられる。一方、ISST BC の各セット維持率と有酸素性作業能力との相関係数の推移では、5セット目以降に有意な負の相関関係が認められた（図6）。さらに、有酸素性作業能力の優劣で被験者を2群に分けISST BC各セット維持率を比較したところ、3セット目以降において有酸素性作業能力に劣る下位群が有酸素性作業能力に優れた上位群より低下が少なかった（図7（C））。単一運動形態で行われた多くの間欠運動の先行研究（Gaitanos et al., 1993；山本, 1994；Bogdanis et al., 1995；坂井ほか, 1999；坂井ほか, 2000；明石ほか, 2005）において、間欠運動の終盤に発揮パワーの低下を少なくするためには有酸素性作業能力に優れる必要があると報告しており、本研究のISSTにおいても同様の結果を得た（図5）。しかし、ボディコンタクトを組み込んだ本研究のISST BCでは逆の結果となった（図6）。本研究と同様に走運動の間欠的発揮に筋活動を加えた森口ほか（2009）の研究においては、有酸素性作業能力との関連性はみられなかったと報告している。有酸素性作業能力別にISST BCの8セット目の維持率とstrength indexとの関係を示した図8をみると、high aerobic groupはISST BCの維持率が皆低く、low aerobic groupは皆高い結果となった。14名の被験者中12名のstrength indexが50前後であることから、本結果の原因を考察するのは難しく今後の検討が必要である。

V. まとめ

本研究では、疲労困憊に至る漸増負荷運動を用いて有酸素性作業能力を評価するyo-yo IEと、無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を評価するISSTに、ボディコンタクトを組み込み、走パワーへ及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。

1. yo-yo IEの総走行距離と、それにボディコンタクトを加えたyo-yo IE BCの総走行距離との間には有意な正の相関関係が認められた。yo-yo IE BCの総走行距離はyo-yo IEの総走行距離と比べ有意に低値を示した。

2. ISSTの平均維持率と、それにボディコンタクトを加えたISST BCの平均維持率との間には有意な相関関係は認められなかったが、間欠走8セット目におけるISST BCの維持率は、ISSTの維持率より有意に低値を示した。

3. ISST BCの維持率とBW, BPmaxとの間には、それぞれ間欠走2セット目、3セット目以降に有意な正の相関関係が認められた。

4. ISST BCの維持率は、BW, BPmaxに優れる群の方が多くのセットで有意に高くなった。

以上のことから，ボディコンタクトを組み込んだ回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮の維持には，体重や筋力が大きく影響する可能性が示唆された。

課題2. 筋力発揮が無酸素性走・投パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響

原著論文：明石光史・田中 守・田中宏暁・檜垣 靖樹（2015）混戦型球技種目選手における走・投パワーの間欠的発揮能力に関する研究-インターバル中の筋力発揮が走・投パワーへ及ぼす影響-, 体育学研究, 60 : 589-601.

I. 緒言

多くの混戦型球技種目は、低強度運動や休息を挟んで高強度運動を繰り返す間欠の特徴を有しており (Bangsbo, 1994b ; 宮城ほか, 1997 ; 森ほか, 1999 ; 田中, 1999 ; 田中ほか, 1997a ; 田中ほか, 2002), それぞれの混戦型球技種目において高い無酸素性パワーを間欠的に発揮する能力は、競技力を構成する重要な体力要素と言える。この無酸素性パワーの間欠的発揮能力は、有酸素性作業能力、無酸素性作業能力が相互に影響しあいながら発揮される能力であり、個人の持つ無酸素性パワーを間欠運動終盤まで高く維持するためには有酸素性作業能力に優れる必要性が報告されている (Gaitanos et al., 1993 ; 坂井ほか, 2000 ; 坂井ほか, 1999 ; 田中ほか, 1997b ; 山本, 1994 ; 山本・金久, 1989)。また、一試合を通して高い無酸素性走パワーを間欠的に発揮し続けるために高い有酸素性作業能力は必要な能力であると報告されている (明石・田中, 2005 ; Bangsbo and Lindquist, 1992 ; 栗添ほか, 2004 ; 斉藤・丹, 2001)。しかしながら、無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に優れている者が、試合終了間際までそれを維持できているとは限らない。その要因として、多くの混戦型球技種目は、ルール上制限される範囲のボディコンタクトを多く含むことから、ボディコンタクトによる身体的ダメージが影響していると考えられる。混戦型球技種目であるハンドボール試合中のボディコンタクトは強弱合わせて190回程度にも達し (田中ほか, 2002), ラグビーではフロントタックル数だけで約14回に達する (戸田ほか, 2010)。これらのボディコンタクト時には、攻撃相手を防御したり相手防御を突破したりする動きの中で繰り返し筋力発揮を行っており、それが無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の低下に影響を及ぼしていると考えられる。

さて、混戦型球技種目の無酸素性パワーの間欠的発揮能力に関する研究は、試合中の動きの特性を考慮し、往復走 (明石ほか, 2005 ; 坂井ほか, 2000 ; 坂井ほか, 1999 ; 田中ほか, 1997b), 方向変換走 (坂井ほか, 2000 ; 坂井ほか, 1999), など切り返しを含む走運動を用いて行われてきた。しかし、様々な運動形態が混在する混戦型球技種目の特性を考慮し、いくつかの運動形態を織り混ぜた無酸素性パワーの間欠的発揮能力に関する研究は少

ない。その中で、無酸素性走パワーの間欠運動に混戦型球技種目でみられるボディコンタクトを想定したタックルや筋力発揮などを組み込み、それらが及ぼす影響について報告した研究は、いくつか見られている。それらタックルや筋力発揮の負荷設定は、被験者の最大努力に依存するタックル (Johnston and Gabbett, 2011) や、被験者の体重によって異なる重量を運ぶ相対負荷の筋力発揮 (森口ほか, 2009)、被験者が同重量のボディコンタクトを受けて耐え筋力を発揮する負荷設定 (明石ほか, 2014) などがある。試合中におけるボディコンタクトの際には、受動的あるいは能動的な筋力発揮が混在し、最大努力での筋力発揮の繰り返しによる体力消耗が最終的なパフォーマンス発揮に影響することが推察される。しかし、最大努力による筋力発揮の定量化は難しく、また選手の体格に関係なく場面に応じた筋力発揮を要求されることから、能動的な筋力発揮を絶対負荷で行う設定も必要であると考えられる。さらに、間欠運動に投動作を組み込んだ森口ほか (2009) の研究は、パフォーマンス結果を的中率で検討しているが、無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の検討は行っていない。

そこで、本研究では混戦型球技種目特有の体力を捉えるため、球技種目選手を対象とした間欠的発揮能力に関する研究でたびたび採用されている無酸素性走パワーとしての往復走と、混戦型球技種目で発現する無酸素性投パワーとしてのメディシンボール投げを複合的に組み込んだ間欠運動を行った。さらに、その間欠運動の回復期中に一律重量の筋力発揮を加えた間欠運動を行い、筋力発揮が無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力へ及ぼす影響および体力特性との関連性を検討した。

II. 方法

A. 被験者

被験者には、混戦型球技種目であるハンドボール競技の大学男子選手 19 名 (年齢: 19.6 ± 1.2 歳, 身長: 173.3 ± 4.8cm) を用い、全ての攻撃ポジションから被験者を選抜した。これらの被験者には、研究の目的及び測定に関する説明を十分に行い、書面によるインフォームドコンセントを得た。本研究は、福岡大学に設置された研究倫理委員会の承認を受けている。また、以下の全ての測定については、個人の能力を十分に発揮し全力で行うよう指示した。

B. 体力特性項目及び測定方法

1. 体重 (Body weight)

デジタル体重計を使用し，下着姿の状態体重を測定した。

2. 有酸素性作業能力

有酸素性作業能力の指標として，Cooper (1968) の開発した 12 分間走を測定した。400 mトラックにて 12 分間走行できる最長距離を測定した。また，12 分間走結果を T-score に変換し，有酸素性作業能力における走パワーの指標 (Aerobic index) として用いた。

3. 無酸素性作業能力

1) 無酸素性走パワー

無酸素性走パワーの指標として 20m往復走 (20m×2) を測定した。test I における試走の 2 セットと間欠走 1 セット目，test II における試走の 2 セットと間欠走 1 セット目，合計 6 セットの中の最高速度を，無酸素性走パワーの値とした。また，その値を T-score に変換し無酸素性作業能力における走パワーの指標 (Anaerobic index) として用いた。

2) 無酸素性投パワー

無酸素性投パワーの指標として，test I 及び test II におけるメディシンボール後方投げの最大投距離を無酸素性投パワーの値とした。なお，遠投力や投球スピードとメディンボール後方投げとは有意な相関関係が認められている (安達ほか，2008 ; 東ほか，2011)。また，メディシンボール後方投げは日々のトレーニングで行っていることから，技術的偏りは見られない。

4. 筋力

筋力の指標として，以下 4 種目の最大挙上重量 (1RM) を測定した。全種目において，挙上速度の条件を設けなかった。なお，4 種目の測定結果をそれぞれ T-score に変換し，4 種目の T-score の平均値を筋力の指標 (Strength index) とした。この 4 種目は test II で行うトレーニングバッグを持ち上げ移動する際に主として動員される脊柱起立筋，広背筋，上腕二頭筋，大臀筋，大腿二頭筋，大腿直筋，内側広筋との関連があること (三谷ほか，2013)，また，投パワーとの関連が示されていること (東ほか，2011 ; 田中，2000 ; 田中ほか，2004) から選抜した。

1) Bench press

腕を伸展させた状態からバーベルが軽く胸に付く程度腕を屈曲させ，再び腕を完全に伸展した状態まで挙上することの出来る，最大挙上重量を測定した。Bench press は，三角

筋, 上腕三頭筋, 前鋸筋, 大胸筋を動員している (有賀, 2003 ; 半田ほか, 2008 ; Laura and Dutton, 1993).

2) High clean

バーベルを手で吊り下げた状態から, バーベルを鎖骨の前で保持できる状態まで挙上することのできる最大挙上重量を測定した. High clean は, 大臀筋, 半膜様筋, 半腱様筋, 大腿二頭筋, 外側広筋, 中間広筋, 内側広筋, 大腿直筋, ヒラメ筋, 腓腹筋, 三角筋, 僧帽筋を動員している (有賀, 2003 ; Roger and Thomas, 2002).

3) Half squat

スクワット用の補助付トレーニングマシンを使用し, 両足を肩幅よりやや広く開き膝を 90 度に屈曲した状態からバーベルを肩に担ぎ, 膝を伸展することのできる最大重量を測定した. Half squat は, 大臀筋, 半膜様筋, 半腱様筋, 大腿二頭筋, 外側広筋, 中間広筋, 内側広筋, 大腿直筋, 脊柱起立筋を動員している (有賀, 2003 ; 半田ほか, 2006 ; Roger and Thomas, 2002).

4) Two hands curl

背中を壁に密着した状態で, 腕を前に伸展させバーベルを逆手で保持した状態から, 腕を鎖骨前まで屈曲することの出来る最大挙上重量を測定した. Two hands curl は, 上腕筋, 上腕二頭筋, 腕橈骨筋を動員している (有賀, 2003 ; Roger and Thomas, 2002).

C. 無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の測定方法 (test I)

無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の測定として 20m 往復走とメディシンボール後方投げの間欠運動を行った (図 9). 被験者には, 15 分間のウォームアップ, 10 分間の安静状態の後, 3 分毎に 20m 往復走の試走を 2 本全力で行わせた. その後, 30 秒毎に 20m 往復走と 4kg のメディシンボール後方投げ 2 投を全力で行わせ繰り返し 8 セット実施した. セット間の休息方法は, ゆっくりとした歩行もしくは静止状態を指示した. 20m 往復走の測定はフィットネスアポロ社製のスピードトラップを使用し, メディシンボール後方投げは 2 投中で良い記録を採用した.

D. 筋力発揮を含む無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の測定 (test II)

筋力発揮を含む無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の測定として,

test I と同様な方法に加え、各セットの回復期中にトレーニングバッグ 30 kg を 5m 移動する事を追加した間欠運動を行い、20m 往復走とメディシンボール後方投げの測定を行った (図 9)。なお、トレーニングバッグの重量は、市販の 20kg と 30kg のトレーニングバッグを用いて予備実験を実施したところ、間欠運動 8 セットを成就でき、かつ無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力が低下することを確かめた上で、30kg の負荷を設定した。なお、トレーニングバッグ移動は、全被験者の仕事量を統一するため床においた状態から両腕で持ち上げ、引きずらないよう移動させるよう指示をした。

E. 血中乳酸濃度の測定

血中乳酸濃度を test I, test II においてアークレイ社製のラクテートプロを用いて測定した。ウォーミングアップ前、test I と test II の直前、測定 1 分後、3 分後、5 分後、7 分後、10 分後の各時間帯に、耳朶採血より得られた血液で分析した。また、全被験者は測定前 3 時間を絶食とした。

F. ウォームアップ及び測定順序

有酸素性作業能力、test I, test II の測定前には、15 分間のウォームアップを行った。ウォームアップメニューは全被験者同じ内容で行い、ストレッチ、方向変換走、全カスプリントを含んでいる。また、test I, test II, 有酸素性作業能力、筋力の測定は、全て 1 日以上の間隔を空け、別日に行った。

G. 維持率の算出について

20m 往復走については、各セット走行タイムを速度に換算し試走も含めた最高速度に対する各セットの速度比率を、メディシンボール後方投げについては、1 セット目の飛距離に対する各セットの飛距離比率をそれぞれ維持率とした。これらの算出方法を以下に示す。

$$1. \text{各セットの 20m 往復走維持率} = \frac{\text{各セットの速度}}{\text{試走 2 本と 1 セット目の内の最高速度}} \times 100$$

$$2. \text{各セットのメディシンボール後方投げ維持率} = \frac{\text{各セットの投距離}}{\text{1 セット目の投距離}} \times 100$$

H. 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。test I と test II における 20m 往復走とメディシンボール後方投げの維持率、血中乳酸濃度の経時変化には一元配置分散分析および多重比較 (Bonferroni) を用いた。さらに、test I と test II における 20m 往復走維持率、メディシンボール後方投げ維持率の各セット間における差の検定には、二元配置分散分析を用いた。相関係数の算出には、Pearson の積率相関分析を用いた。統計処理の有意性は、危険率 5% 水準で判定した。

III. 結果

A. 被験者の特性

被験者の体力特性に関する結果を表 3 に示した。また、Anaerobic index に対する Aerobic index の比を算出し、その値を相対的な有酸素性作業能力 (Relative aerobic power) とし、その関係を図 10 に示した。さらに、被験者の体力特性項目間の相関係数を表 4 に示した。

High clean を除く筋力とメディシンボール後方投げ最大値との間と、Aerobic index と Relative aerobic power との間に有意な正の相関関係が認められた。一方、Body weight と Anaerobic index, Anaerobic index と Relative aerobic power との間には、有意な負の相関関係が認められた。

B. test I と test II における血中乳酸濃度の比較

test I と test II における血中乳酸濃度の推移を図 11 に示した。test I , test II ともに、ウォーミングアップ前の rest と比較して測定 1 分後以降有意な増加を示した。しかし、test I と test II との間には有意な差は認められなかった。

C. test I と test II における無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの低下推移

test I , test II それぞれにおける 20m 往復走の維持率の推移を図 12 に示した。test I においては 1 セット目と比較して 3 セット目以降に有意な低下を示し、test II においては 1 セット目に対して 2 セット目以降に有意な低下を示した。また、2 セット目以降 test I の方が有意に高値を示した。

同様に、メディシンボール後方投げの維持率の推移を図 13 に示した。test I において

は1セット目と比較して4セット目以降に有意な低下を示し、test II においては1セット目に対して3セット目以降に有意な低下を示した。また、3-7セット目に test I の方が有意に高値を示した。

D. test I, test II における 20m往復走の維持率と Strength index, Aerobic index, Relative aerobic power との関係

test I の 20m往復走各セット維持率と Strength index, Aerobic index, Relative aerobic power との相関係数の変化を図 14 に示した。20m往復走各セット維持率と Relative aerobic power との間においてのみ、3セット目以降に有意な正の相関関係が認められた。

test II の 20m往復走各セット維持率と Strength index, Aerobic index, Relative aerobic power との相関係数の変化を図 15 に示した。20m往復走各セット維持率と Relative aerobic power との間においてのみ、4, 5, 8セット目に有意な正の相関関係が認められた。

E. test I のメディシンボール後方投げ維持率と Strength index, Aerobic index, Relative aerobic power, 筋力4種目の絶対値との関係

test I のメディシンボール後方投げ各セット維持率と Strength index, Aerobic index, Relative aerobic power との相関係数の変化を図 16 に示した。メディシンボール後方投げ各セット維持率と Relative aerobic power との間においてのみ、4, 6, 7セット目に有意な正の相関関係が認められた。

test II のメディシンボール後方投げ各セット維持率と Strength index, Aerobic index, Relative aerobic power との相関係数の変化を図 17 に示した。メディシンボール後方投げ各セット維持率と Strength index との間において、8セット目に有意な正の相関関係が認められた。

また、test II のメディシンボール後方投げ各セット維持率と筋力の4種目の絶対値との相関係数の変化を図 18 に示した。メディシンボール後方投げ各セット維持率と Bench press, Two hands curl, half squat との間において、8セット目に有意な正の相関関係が認められた。

IV. 考察

混戦型球技種目における試合中のボディコンタクトは、無酸素性走パワーや無酸素性投パワーの間欠的発揮能力に影響を及ぼしていると考えられる。そこで、無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠運動と、それにボディコンタクトを想定した全被験者同重量の能動的な筋力発揮を加え、その筋力発揮が無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響と体力特性との関連を検討した。

まず、間欠運動の生理的応答として血中乳酸濃度を測定した。その結果、test I, test II の測定後は安静時と比べ有意な増加を示し、測定 5 分後に約 10mmol/L 前後の値まで上昇した (図 11)。無酸素性投パワーの発揮を含まない同じ形式の無酸素性走パワーの間欠的発揮能力においても同様の結果を得ている (未発表資料) ことから、繰り返される 6 秒前後の無酸素性走パワーは ATP-CP 系のみならず ATP-乳酸系にも依存していることを示唆している。またこのことは、森口ほか (2009) が行った筋力発揮を含む間欠運動と同様な結果になっており、test I, test II 共に高強度運動であったと考えられる。

次に、筋力発揮が無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響を検討してみたところ、筋力発揮を含む test II の維持率は、test I と比べ 2 セット目以降全てのセットで有意な低下を示した (図 12)。このことは、セット間での筋力発揮がその後の無酸素性走パワーの発揮を低下させたことを示していると考えられ、回復期に様々な筋力発揮を加えた先行研究 (明石ほか, 2014 ; Johnston and Gabbett, 2011) と同様な結果になった。その要因は筋力発揮が加わったことによる運動量の増加、そしてその低下の程度は体力特性によって異なってくると考えられる。さらに、Strength index が高いものほど無酸素性走パワーの低下が少なく維持されることが考えたが、関連性は認められなかった (図 15)。従って、本研究でのセット間での筋力発揮は筋力と無酸素性走パワーとの関連性を示すほどの負荷ではなかったことが考えられる。

一方、多くの無酸素性パワーの間欠的発揮能力に関する研究によると、間欠運動の終盤に無酸素性パワーの低下を少なくするためには、有酸素性作業能力に優れることが必要であると報告している (Gaitanos et al., 1993 ; 坂井ほか, 2000 ; 坂井ほか, 1999 ; 田中ほか, 1997b ; 山本, 1994 ; 山本・金久, 1989)。しかし、本研究結果では Aerobic index との関連性は認められず、無酸素性走パワーの間欠運動に筋活動を加えた森口ほか (2009) の研究と同様の結果となった。ところが、有酸素性作業能力と無酸素性作業能力との比を表した Relative aerobic power との関係では、test I においては 3 セット目以降に (図 14),

test IIにおいては4, 5, 8セット目に有意な正の相関関係が認められた(図15)。坂井ほか(2000)は筋力発揮を含まない球技種目選手の間欠的発揮能力において個人の持つ無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を高く維持するためには、相対的に有酸素性作業能力に優れる必要性を報告しており、本研究のtest Iにおいても同様な結果となっている(図14)。従って、相対的な有酸素性作業能力に優れることは、混戦型球技種目において筋力発揮の有無に関係なく無酸素性走パワーを間欠的に発揮し続けるために大変重要な要素であると考えられる。

次に、筋力発揮が無酸素性投パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響を検討すると、test IIの維持率はtest Iと比べ3-7セットにおいて有意な低下を示した(図13)。本研究におけるメディシンボール後方投げの無酸素性投パワー発揮の減少は筋疲労が原因と考えられる。その筋疲労は、追加された筋力発揮によってさらに激しくなっていると考えられる(Bigland-Ritchie, 1981)。筋疲労は、中枢神経系から筋までの電氣的伝達部位、興奮収縮連関過程、筋収縮機構へのエネルギー過程が関与している(Bigland-Ritchie, 1981)。筋力発揮が加わったことにより無酸素性投パワーの発揮は徐々に低下していったことを考えると、その要因には神経-筋の興奮伝達部位に関与する発火頻度の減少(Bigland-Ritchie and Woods, 1984)やエネルギー供給の低下(Margaria, 1976; Margaria et al., 1969)が起こったと推察される。なお、間欠運動終盤における発揮パワーの増大には心理的側面が影響したことも考えられる。一方、test IIの各セット維持率と体力特性との関連を検討したところ、Strength indexや筋力4種目との間の相関係数はセットが進むにつれ徐々に高くなり、筋力との間には8セット目に有意な正の相関関係がHigh clean以外で認められたことは大変興味深い(図17, 18)。従って、無酸素性投パワーの間欠的発揮能力はStrength index及び測定した各筋力の低い者ほど間欠運動終盤に大きな低下をもたらすと示唆される。野球投手を対象にした無酸素性投パワーの間欠運動においても、間欠運動終盤における筋力の重要性は報告されている(後藤ほか, 2000; 二瓶・佐藤, 2003)。以上のことから、混戦型球技種目の試合中において高強度の筋力発揮を繰り返し行っても、高い無酸素性投パワーを発揮し続けるためには、投動作に関連する筋力に優れることが必要であると示唆される。

これまで単一運動形態のみで行われてきた無酸素性パワーの間欠的発揮能力に関する先行研究に混戦型球技種目特有の筋力発揮を加え複合的に体力要素を捉えた本研究は、試合における無酸素性走パワーや無酸素性投パワーの低下に及ぼす要因を明らかにする一知見

となり、それらの低下を防ぐためのトレーニング課題を組み立てていく上で有用なものになると考えられる。しかしながら、混戦型球技種目で展開されている運動形態はさらに多く、身体接触を想定した筋力発揮の強度も様々であることから、多くの条件下において検討していく必要性が考えられる。

V. まとめ

本研究では、19名の大学ハンドボール選手を対象として、無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠運動 (test I) と、それに筋力発揮を加えた間欠運動 (test II) を行い、筋力発揮が無酸素性走パワーと無酸素性投パワーの間欠的発揮能力に及ぼす影響と体力特性との関連を検討し、以下の結論を得た。

1. test I と test II の無酸素性走パワー、無酸素性投パワーとの維持率を比較したところ、筋力発揮を伴う test II の方が無酸素性走パワー、無酸素性投パワーともに有意な低下を示した。

2. test II における無酸素性走パワーの維持率と Relative aerobic power との間には、4, 5, 8 セット目に有意な正の相関関係が認められた。

3. test II における無酸素性投パワーの維持率と Strength index との間には 8 セット目に有意な正の相関関係が認められた。

以上のことから、筋力発揮を含む無酸素走パワーの間欠的発揮の維持には、相対的に有酸素性作業能力に優れること、筋力発揮を含む無酸素投パワーの間欠的発揮の維持には、筋力に優れる必要性が示唆された。

課題3. 筋力発揮がスピード型走パワーと力型走パワーの間欠的持続能力に及ぼす影響 コーチング学会発表：明石光史・田中 守・田中宏暁・檜垣靖樹（2015）混戦型球技種目 選手における筋力発揮が走パワーの間欠的持続能力に及ぼす影響

I. 緒言

多くの混戦型球技種目は、高い有酸素性作業能力が必要とされている。その根拠は、1試合の移動距離がハンドボール競技で4500～8000m（田中ほか，1997a；田中ほか，2002；舍利弗ほか，2004；伊藤ほか2007），サッカー競技で10000～11000m（宮城ほか1997；谷所ほか，2009），ラグビー競技で4000～7000m（Brewer and Davis, 1995；森ほか，1999）にも達し、これらの距離をそれぞれの競技時間中走行する能力を必要とするからである。また、混戦型球技種目は試合の局面に応じて高い無酸素性走パワーも必要とされ、それを間欠的に発揮する特徴を有していると言われている（Bangsbo, 1994a；宮城ほか，1997；田中ほか，1997a；森ほか，1999；田中，1999；田中ほか，2002）。従って、無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に関する研究は数多く行われ、個人の持つ無酸素性走パワーを短い回復時間で間欠的に発揮し続けるためにも高い有酸素性作業能力が必要とであると報告されている（山本・金久，1989；Gaitanos et al., 1993；山本，1994；田中ほか，1997b；坂井ほか，1999；坂井ほか，2000）。さらに、試合終了まで無酸素性走パワーを間欠的に発揮し続けるためにも高い有酸素性作業能力を必要とされる（Bangsbo and Lindquist, 1992；斉藤・丹，2001；栗添ほか，2004；明石・田中，2005）。これらの間欠的発揮能力の研究に関して坂井ほか（2000）は、球技種目の試合中には数多くの方向変換走が発現することから（Bloomfield et al., 2007）、球技種目の特性をより反映させる意味で方向変換走を組み込んで研究を行う必要性を述べている。一方、混戦型球技種目の試合中には走運動だけでなく、数多くのボディコンタクトも発現しており、ハンドボール競技においては強弱合わせて190回程度にも達し（田中ほか，2002）、ラグビー競技においてはフロントタックル数だけで約14回に達する（戸田ほか，2010）。このボディコンタクト時には、相手選手とのぶつかり合いや倒れた時の衝撃に耐え身体を支えるため、相手選手を押しするために筋力発揮を行っていると考えられる。そして、これらの筋力発揮が走パワーの間欠的持続能力を低下させる要因の一つになっていると考えられる。しかし、このボディコンタクト由来の筋力発揮が走パワーの間欠的持続能力へ及ぼす影響について報告した先行研究は少ない。その中で、明石ほか（2014）は間欠的持続能力の測定中に全被験者が同重量のボデ

ィコンタクトを受けて耐え筋力を発揮する負荷設定で、筋力発揮が走パワーの間欠的持続能力へ影響を検討している。しかし、このボディコンタクトは受動的なボディコンタクトであり、能動的なボディコンタクトを想定した筋力発揮に関しては論じていない。

さて、間欠的持続能力の評価法は、Bnagsbo (1994a) にて開発された yo-yo test が混戦型球技種目を中心に活用されている。その運動形態は 20m シャトルを用いているが、混戦型球技種目の方向変換は様々な角度で行われることから、鋭角の方向変換角度を用いた走運動を用いることがより混戦型球技種目の運動形態をより反映していると考えられる。また、直線を全力で走るスピード型走パワーと方向変換を素早く行う力型走パワーの特性は異なり (高松ほか, 1989), この発揮パワーの違いも間欠的走パワーの持続能力に違いをもたらすものと考えられる。

そこで、本研究では従来から行われている 20m シャトルのみの間欠的持続能力の測定に加え、20m シャトルに混戦型球技種目で発現する方向変換走を組み込んだ間欠的持続能力の測定を行った。さらに、それらの測定に能動的な筋力発揮を加えた測定を行い、筋力発揮や力型走パワーが間欠的持続能力へ及ぼす影響に加え、その低下の程度と体力特性との関連性に検討することを目的とした。

II. 方法

A. 被験者

被験者には、混戦型球技種目であるハンドボール競技の大学男子選手 15 名 (年齢: 19.7 ± 0.9 歳, 身長: 174.6 ± 5.6cm) を用い、全ての攻撃ポジションから被験者を選抜した。これらの被験者には、研究の目的及び測定に関する説明を十分に行い、書面によるインフォームドコンセントを得た。本研究は、福岡大学に設置された研究倫理委員会の承認を受けている。

B. 体力特性及び測定方法

1. 体重 (Body weight)

デジタル体重計を使用し、下着姿の状態体重を測定した。

2. 有酸素性作業能力

有酸素性作業能力の指標として、Cooper (1968) の開発した 12 分間走を測定した。400m トラックにて 12 分間走行できる最長距離を測定した。

3. 無酸素性作業能力

無酸素性作業能力の指標として50m走の測定を行い速度に換算した。スタートはスタンディングスタートで行い、スターティングブロックを使用して行った。タイムは、フィットネスアポロ社製のスピードトラップを使用して測定した。

4. 方向変換能力及び方向変換技能

方向変換能力の指標として、高松（1991）が考案した方向変換角度が鋭角の25m8の字方向変換走の測定を行い速度に換算した。その後、方向変換技能として25m走行タイムを2倍した値から、50m走タイムを差し引いた値を方向変換能力の値とした。

5. 筋力

筋力の指標として、以下3種目の最大挙上重量（1RM）を測定した。全種目において、挙上速度の条件を設けなかった。なお、3種目の測定結果をそれぞれT-scoreに変換し、3種目のT-scoreの平均値を筋力の指標（Strength index）とした。この3種目はトレーニングバック移動の際に主として動員される脊柱起立筋、広背筋、上腕二頭筋、大臀筋、大腿二頭筋、大腿直筋、内側広筋との関連があることから選抜した（三谷ほか、2013）。

1) Bench press

腕を伸展させた状態からバーベルが軽く胸に付く程度腕を屈曲させ、再び腕を完全に伸展した状態まで挙上することの出来る、最大挙上重量を測定した。Bench press は、三角筋、上腕三頭筋、前鋸筋、大胸筋を動員している（Laura and Dutton, 1993 ; 有賀, 2003 ; 半田ほか, 2008）。

2) High clean

バーベルを手で吊り下げた状態から、バーベルを鎖骨の前で保持できる状態まで挙上することの出来る最大挙上重量を測定した。High clean は、大臀筋、半膜様筋、半腱様筋、大腿二頭筋、外側広筋、中間広筋、内側広筋、大腿直筋、ヒラメ筋、腓腹筋、三角筋、僧帽筋を動員している（有賀, 2003 ; Roger and Thomas, 2002）。

3) Two hands curl

背中を壁に密着した状態で、腕を前に伸展させバーベルを逆手で保持した状態から、腕を鎖骨前まで屈曲することの出来る最大挙上重量を測定した。Two hands curl は、上腕筋、上腕二頭筋、腕橈骨筋を動員している（有賀, 2003 ; Roger and Thomas, 2002）。

6. 脚伸展パワー

脚伸展パワーの測定は、COMBI 社製の脚伸展パワー測定マシン、アネロプレス 3500 を使

用した．膝関節角度 90° の椅坐位状態で両脚をフットプレートに固定し，脚伸展動作を 15 秒間隔で計 5 回行った．5 回の内，最大の値を示したものを脚伸展パワーの値とした．

C. 間欠的持続能力及び筋力発揮を含む間欠的持続能力の測定方法

1. TEST I

間欠的持続能力の評価として，Bangsbo (1994a) によって考案された yo-yo intermittent endurance test level-2 を TEST I として行った (図 19)．スタート地点から前方 20m の地点と，スタート地点より後方 2.5m の地点にポイントを設置した．ペースメーカーの音に合わせてスタート地点より 20m 往復走を行い，その後ジョギングをしながら後方のポイント を 5 秒で周回する．以上のことを繰り返し，徐々に速度を漸増させリズムについていけなくなった時点を疲労困憊とした．この時点での往復回数から総走行距離を求めた．

2. TEST II

TEST I の 5 秒間のジョギング時にトレーニングバック 30 kg を 5m 移動する事を追加したものを TEST II とした (図 19)．トレーニングバッグ移動は両腕で持ち上げ，引きずらないように指示をした．TEST II も TEST I と同様にして総走行距離を求めた．なお，TEST II は，早期に疲労困憊に至り間欠的持続能力を評価できないと考えられることから level-2 より速度漸増が緩やかな level-1 で行った．

3. TEST III

TEST I におけるシャトルランのうち 2 本に 1 本の割合で 20m 方向変換走 2 往復を行うものを TEST III とした (図 19)．TEST III は，20m 往復走と 20m 方向変換走 2 往復とを含めた総走行距離を求めた．なお，TEST III は level-2 の走速度で行った．

4. TEST IV

TEST III の 5 秒間のジョギング時にトレーニングバック 30 kg を 5m 移動する事を追加したものを TEST IV とした (図 19)．TEST IV も上記測定と同様にして総走行距離を求めた．なお，TEST IV においても，早期に疲労困憊に至り間欠的持続能力を評価できないと考えられることから速度漸増が緩やかな level-1 で行った．

5. TEST V

TEST IV の走速度を level-1 から level-2 に変更したものを TEST V とした (図 19)．TEST V も上記測定と同様にして総走行距離を求めた．

D. ウォームアップ及び測定順序

全ての測定前には、15 分間のウォームアップを行った。ウォームアップメニューは全被験者同じ内容で行い、ストレッチ、方向変換走、全力スプリントを含んでいる。

無酸素性作業能力と方向変換能力、筋力 3 種目、脚伸展パワーの測定は同一日で行い、有酸素性作業能力と間欠的持続能力及び筋力発揮を含む間欠的持続能力の各測定は全て別日に行った。さらに、測定間隔は全て 1 日以上空け、間欠的持続能力及び筋力発揮を含む間欠的持続能力の各測定は被験者毎ランダムに行った。

H. 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。TEST I から V における各総走行距離の比較には一元配置分散分析および多重比較 (Bonferroni) を用いた。相関係数の算出には、Pearson の積率相関分析を用いた。統計処理の有意性は、危険率 5%水準で判定した。

III. 結果

A. 被験者の特性

被験者の体力特性を表 5 に示した。また、被験者の体力特性項目間の相関係数を表 6 に示した。25m 方向変換走タイムと方向変換能力との間、high clean と 25m 方向変換走タイム、方向変換能力との間に正の有意な相関関係が認められた。また、strength index と方向変換能力、脚伸展パワー、bench press との間にも正の有意な相関関係が認められた。12 分間走と high clean , strength index との間には負の有意な相関関係が認められた。

B. 間欠的持続能力の総走行距離

測定した各間欠的持続能力の総走行距離を図 20 に示した。間欠的持続能力のみを測定した TEST I は他の測定より有意に総走行距離が長く、筋力発揮が加わった TEST II, 方向変換走が加わった TEST III, 筋力発揮と方向変換が加わった TEST IV, TEST IV の走速度上がった TEST V の順に総走行距離は低下していった。

C. 間欠的持続能力の総走行距離と体力特性との関係

各間欠的持続能力の総走行距離と体力要素との関連性では、TEST II, TEST III, TEST IV の総走行距離と high clean との間に有意な相関関係が認められた (表 7)。また、全て

の間欠的持続能力の総走行距離と有酸素性作業能力との間には、有意な相関関係が認められた。さらに、各間欠的持続能力の測定において相互の相関関係を検討したところ、全ての測定との間において有意な相関関係が認められた。

IV. 考察

混戦型球技種目は間欠的特徴を有し、無酸素性作業能力を長時間間欠的に発揮するためには、高い有酸素性作業能力を必要とする。しかしながら、試合中に発現するボディコンタクト由来の筋力発揮や方向変換の繰り返しが間欠的持続能力に影響を及ぼしていると考えられる。そこで、従来から行われている走パワーの間欠的持続能力の測定に方向変換走や筋力発揮を加え、筋力発揮や力型走パワーが間欠的持続能力へ及ぼす影響に加え、その低下の程度と体力特性との関連性について検討した。

まず、筋力発揮が間欠的走パワー持続能力に及ぼす影響について検討するために、筋力発揮の有無の違いがある TEST I と TEST II, TEST III と TEST IV, TEST V との総走行距離比較を行った。その結果、TEST II の総走行距離は TEST I より走速度漸増が遅いにも関わらず有意に低くなり、TEST V は TEST III より総走行距離が有意に低く、TEST IV は TEST III より走速度漸増が遅いにも関わらず総走行距離が有意に低い傾向 ($p < 0.059$) であった (図 20)。このことから、回復期の筋力発揮が間欠的走パワー持続能力に影響を及ぼしていると考えられる。この要因は、繰り返し筋力発揮を行ったことによる運動量の増加が考えられる。また、方向変換走が間欠的走パワー持続能力に及ぼす影響について検討するために、方向変換走の有無の違いがある TEST I と TEST III, TEST II と TEST IV との総走行距離比較を行った。その結果、方向変換走が加わった TEST III と TEST IV の総走行距離は方向変換走を含まない TEST I や TEST II の総走行距離より有意に低くなった (図 20)。従って、度重なる方向変換による力型走パワーの繰り返しが、間欠的走パワー持続能力に影響を及ぼすと考えられる。方向変換走は下肢筋群の筋力やパワー発揮と関連している (Young et al., 2002; Markovic, 2007; 笹木ほか, 2011)。従って、方向変換の繰り返しが下肢筋群の筋力やパワー発揮を低下させ、そのことが総走行距離の低下に繋がったと考えられる。

次に、筋力発揮や方向変換走を含む間欠的走パワーの持続能力と体力特性との関連性について検討した。その結果、全ての測定と有酸素性作業能力の指標である 12 分間走との間に有意な相関関係が認められた (表 7)。間欠運動に関する研究はこれまで数多く報告されてきており、回復期における有酸素性エネルギー供給機構の働きは運動期で消費したエネ

ルギーを補充する役割を担っていることから、有酸素性作業能力の高いものほどその補充率は高いとされている (Gaitanos et al., 1993 ; 山本, 1994). 本研究の yo-yo テストは 5 秒間の回復期を設けており、漸増負荷的に上昇する走スピードの中でエネルギー供給不足を出来るだけ遅延させることに有酸素性作業能力が大きく貢献していると考えられる. このことと同様に、筋力発揮や方向変換走が加わっている TEST II, III, IV, V においても、有酸素性作業能力が回復期のエネルギー供給に貢献していると考えられる. 従って、筋力発揮や方向変換走を含む間欠的走パワーを持続させるためには、有酸素性作業能力が重要であることが示唆される.

他の体力特性との関連性を見てみると、筋力発揮が含まれる TEST II, TEST IV の総走行距離と high clean との間に有意な相関関係が認められた (表 7). High clean は、大臀筋、半膜様筋、半腱様筋、大腿二頭筋、外側広筋、中間広筋、内側広筋、大腿直筋、ヒラメ筋、腓腹筋、三角筋、僧帽筋を動員している (有賀, 2003 ; Roger and Thomas, 2002). また、トレーニングバッグを持ち上げ移動する際に主として動員される脊柱起立筋、広背筋、上腕二頭筋、大臀筋、大腿二頭筋、大腿直筋、内側広筋との関連があると報告されている (三谷ほか, 2013). High clean とトレーニングバック持ち上げ動作は、ほぼ同様の筋を使用していることから、high clean の値が高い者は筋力発揮を少ない疲労で遂行できると考えられ、そのことが筋力発揮を繰り返し行いながらも間欠的走パワーを持続させることに繋がったと考えられる.

また、鋭角の方向変換走を繰り返す TEST III, TEST IV の総走行距離と high clean との間においても有意な相関関係が認められた (表 7). 方向変換走は、その走行タイムと high clean と間に負の有意な相関関係が認められると先行研究で報告されている (Hori et al., 2008). しかし、本研究の被験者特性をみてみると方向変換走速度と high clean との間には負の有意な相関関係が認められ、先行研究とは逆の結果となった (表 6). 本研究の被験者においては、無酸素性運動としての方向変換走と high clean との関連性は認められなかったが、TEST III, TEST IV における方向変換数は総走行距離が伸びるにしたがって比例的に増加することから、high clean との関連性が徐々に現れていったのではないかと推察される. 反対に、方向変換数が少ない TEST I においては、high clean との関連性は示されていない. また、速度漸増も速く、筋力発揮や方向変換走も加わっている TEST V の総走行距離と high clean との間においては有意な相関関係が認められなかった (表 7). このことは、TEST V が他の測定より運動量、運動強度が共に高いことから、high clean との

関連性が認められる前に疲労困憊に達したと考えられる。従って、走行距離が長く方向変換を間欠的に繰り返し持続する場合は、high clean に優れるものほど走パワーを持続させることが出来ると考えられる。

V. まとめ

本研究では、15名の大学ハンドボール選手を対象として、20mシャトルのみの間欠的持続能力の測定に加え、筋力発揮や方向変換走を組み込んだ間欠的持続能力の測定を行い、筋力発揮や方向変換走が間欠的持続能力へ及ぼす影響と体力特性との関連性に検討し、以下の結論を得た。

1. スピード型走パワー主体の間欠的持続運動に筋力発揮や力型走パワーである方向変換走が加わった結果、その総走行距離は有意な低下を示した。
2. 筋力発揮、方向変換走が加わった全ての測定と有酸素性作業能力との間に有意な相関関係が認められた。
3. 筋力発揮、方向変換走が加わった測定と high clean との間に有意な相関関係が認められたが、走スピードが速く筋力発揮、方向変換走が加わった測定との間には有意な相関関係が認められなかった。

以上のことから、筋力発揮や方向変換走を行いながらも、間欠的に走パワーを持続させるためには、有酸素性作業能力に優れる事、筋力発揮動作に関与する筋群であり繰り返される方向変換走と関連を示した high clean に優れる必要性が示唆された。

第五章 討論

I. 結論

混戦型球技種目は無酸素性の動きをランダムに行う間欠的運動の特徴を有しており、この間欠的発揮能力に必要な体力を捉えるためこれまで多くの研究が行われてきた。しかし、それらの先行研究はラボラトリーテストや単一の運動形態を主とするテストであり、実際の混戦型球技種目にみられる様々な動きを複合的に考慮した研究は少ない。そこで本論では、混戦型球技種目にたびたび発現するボディコンタクトの影響に焦点を絞り、そのボディコンタクトを受動的な場合と能動的な場合とに大別し検討した。すなわち、試合中に発現する受動的、能動的なボディコンタクトによる筋力発揮が、無酸素性パワーの間欠的発揮能力や疲労困憊に至る走パワー持続能力にどのような影響を及ぼしているかを明らかにし、その低下の程度と体力特性との関連性を検討することによって、混戦型球技種目の複合的な体力を捉えることを目的とした。

A. 受動的及び能動的な筋力発揮が無酸素性パワーの間欠的発揮能力や走パワーの間欠的持続能力へ及ぼす影響

混戦型球技種目の試合中に発現するボディコンタクトは何度も繰り返され（田中ほか，2002；戸田ほか，2010），時には筋損傷を引き起こすほどの衝撃を受けることもある（Takarada, 2003）。そのボディコンタクト時の筋力発揮は、相手選手からの衝突に耐える受動的なものや、相手選手と押し合いで筋力を発揮する能動的なものに大別される。それらが、回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力や、疲労困憊に至る走パワーの間欠的持続能力にどのような影響を及ぼすかを明らかにした。

まず、受動的なボディコンタクト由来の筋力発揮は、回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を有意に低下させることが示された（課題：1）。また、能動的なボディコンタクトを想定した筋力発揮においても、回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を有意に低下させることが示された（課題：2）。この要因は、筋力発揮が加わったことによる運動量の増加が考えられる。これらの結果は、ラグビー選手を対象に20mスプリントの間欠走と、回復期にタックルを組み込んだ間欠走を比較した Johnston and Gabbett (2011) の研究と同様な結果であった。一方、無酸素性投パワーの間欠的発揮能力について論じた課題2においても、能動的筋力発揮が無酸素性投パワーの間欠的発揮能力に影響を及ぼすことが示唆された。その要因は、投動作と筋力発揮の繰り返しにより激し

い筋疲労が起こり、神経-筋の興奮伝達部位に関与する発火頻度の減少 (Bigland-Ritchie and Woods, 1984) やエネルギー供給の低下 (Margaria et al., 1969; Margaria, 1976) が起こったと推察される。

走パワーの間欠的持続能力に関しては、受動的な筋力発揮においても、能動的な筋力発揮においても、総走行距離が有意に低下することが示された (課題: 1, 3)。その要因は、筋力発揮が加わったことによる運動量の増加が考えられる。

以上のことから、ボディコンタクト由来の筋力発揮は、受動的であっても能動的であっても無酸素性走パワー及び投パワーの間欠的発揮能力や走運動の間欠的持続能力へ影響を及ぼすことが示唆された。実際の試合中のボディコンタクトは、ハンドボールにおいて激しいもので 15~40 回程度、やや激しいものでは 20~150 回程度にまで達し (田中ほか, 1997a; 田中ほか, 2002)、ラグビーにおいて一人当たりのタックルは 20~40 回程度におよぶ (Brewer and Davis, 1995; 森ほか, 1999)。従って、試合中のボディコンタクトは、無酸素性走パワー及び投パワーの間欠的発揮能力や走パワーの間欠的持続能力へ影響を及ぼすことも示唆される。

B. 筋力発揮を含む無酸素性パワーの間欠的発揮能力を維持する体力特性

混戦型球技種目の試合中に発現する回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮について、その発揮パワーを高く維持し続けるためには、絶対的な有酸素性作業能力に優れ (山本・金久, 1989; Gaitanos et al., 1993; 山本, 1994; 田中ほか, 1997b; 坂井ほか, 1999; 坂井ほか, 2000)、なお且つ、選手個人における有酸素性作業能力と無酸素性作業能力の割合から相対的な有酸素性作業能力に優れる必要があることが先行研究から示されている (坂井ほか, 2000)。そこで、回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に受動的や能動的なボディコンタクト由来の筋力発揮を加え、その走パワーの維持率と体力特性との関連について検討を行った。

受動的な筋力発揮を無酸素性走パワーの間欠運動の回復期に組み込み、その維持率と体力特性との関連を検討したところ、筋力 (Bench press) が高く、体重が重いほど維持率を高く保てることが明らかになった (課題: 1)。一方、有酸素性作業能力との関連性は、負の有意な相関関係が示された。このことは、従来の無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に関する先行研究と異なる結果になった。無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の維持には、回復期に受動的な筋力発揮が加わったことで、従来から言われてきた有酸素性作業能力に

優れる事よりも筋力や体重の貢献の方が重要になると考えられる。

次に、能動的な筋力発揮を無酸素性走パワーの間欠運動の回復期に組み込み、その維持率と体力特性との関連を検討したところ、相対的な有酸素性作業能力 (relative aerobic power) が高いほど維持率を高く保てることが明らかになった (課題：2)。しかし、筋力との関連性は示されず、課題：1の受動的な筋力発揮の場合とは異なり、筋力発揮を含まない間欠運動の先行研究に近い結果となった。

受動的な筋力発揮と能動的な筋力発揮との間で、無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の維持に必要な体力特性に違いが現れた要因の一つは、受動的な筋力発揮の方が無酸素性の走運動において主として動員される脚筋へ大きな影響を及ぼした可能性が考えられる。受動的なボディコンタクトの衝撃は、腕の筋力や胸筋、脚筋など身体全体で受け止め支えていると考えられる。課題：1における無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の維持と体重との間に有意な相関関係が認められていることも、それを裏付けるものと考えられる。反対に、能動的な筋力発揮の場合、トレーニングバックを5m移動させる動きは脊柱起立筋、広背筋、上腕二頭筋、大臀筋、大腿二頭筋、大腿直筋、内側広筋などの筋が動員されているものの、腕や背部の筋群が主働筋であると考えられる (三谷ほか, 2013)。従って、無酸素性の走運動に動員される脚筋への影響は少なかったのではないかと考えられる。

もう一つの要因としては、筋力発揮の負荷強度の違いが考えられる。課題：1における受動的なボディコンタクトと課題：2における能動的な30kgのトレーニングバック5m移動では、筋力発揮の負荷強度は同一ではない。課題：2ではこれまでの先行研究と同様に相対的な有酸素性作業能力との関連が示されたことから、課題：2における筋力発揮の負荷強度は課題：1より低かった可能性が考えられる。複合的な運動形態を用いて間欠的発揮能力について検討した森口ほか (2009) の研究では、課題：2の負荷強度よりも高い被験者自身の体重 ($69.5 \pm 8.3 \text{kg}$) $\pm 3 \text{kg}$ の重量を5m運ぶ設定で行っている。その時、無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の維持と有酸素性作業能力との関連性は示されていない。例えば、課題：2における筋力発揮の負荷強度を上げれば、課題：1と同様に無酸素性走パワーの間欠的発揮能力と筋力との関連性が示され、有酸素性作業能力との関連性は認められなくなる可能性が考えられる。このボディコンタクトを想定した筋力発揮の負荷強度については、今後の課題として挙げられる。

次に、無酸素性投パワーの間欠的発揮能力については、そのパワー維持率と筋力 (Bench press, Half squat, Two hands curl) との関連性が示された。繰り返される筋力発揮が投

パワーの間欠的発揮能力へ及ぼす影響を少なくするためには、投動作と関連のある筋力に優れる必要性が考えられる。

課題：2において、筋力との関連性が無酸素性投パワーの間欠的発揮能力との間にだけ認められたことは、筋力発揮の負荷方法が主に腕の筋群を動員しているからと考えられる。同様に、メディシンボール後方投げも腕の筋群を中心に動員されていると考えられる。従って、課題：2における筋力発揮の負荷強度は、無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の維持に筋力の貢献が認められる強度であったと考えられる。無酸素性投パワーの間欠的発揮能力と筋力との関連性については、筋力発揮の負荷強度や投パワーを評価する運動形態についてもさらに検討していく必要性が考えられる。

C. 筋力発揮を含む走パワーの間欠的持続能力を維持する体力特性

間欠的走パワーの持続能力は、受動的な筋力発揮の場合でも能動的な筋力発揮の場合でも、その総走行距離の低下を少なくするためには有酸素性作業能力に優れる必要性が示された（課題：1，課題：3）。受動的や能動的な筋力発揮の違いは関係なく、漸増負荷で上昇する走スピードの中でエネルギー不足を出来るだけ遅延させるには有酸素性作業能力に優れる必要性が考えられる。

次に、間欠的走パワーの持続能力と筋力との関連性については、受動的な筋力発揮の場合は認められなかった（課題：1）。しかし、能動的な筋力発揮の場合はhigh cleanとの間に有意な相関関係が認められた（課題：3）。受動的なボディコンタクト時の筋力発揮は瞬間的であるのに対し、能動的な筋力発揮はトレーニングバックを5m移動させる際に約2～3秒の所要時間がかかる（課題：3）。漸増負荷的に有酸素性走パワーを動員させる測定において、長い筋力発揮の時間はその発揮パワーを大きく減少させるものと考えられる。受動的な場合と能動的な場合とで、走パワーの間欠的持続能力の維持と筋力との関連の有無に違いが現れたのは、筋力の発揮時間の違いが要因の一つと考えられる。

D. 混戦型球技種目選手特有の体力特性

混戦型球技種目の試合中は、間欠的に発揮される無酸素性パワーを試合終了まで高水準で発揮する能力が必要と考えられる。（ラグビー競技では、この能力をコンタクトフィットネスと呼称している。）無酸素性走パワーを間欠的に発揮する場合、そのパフォーマンスを高水準で維持するためには有酸素性作業能力に優れる必要性があることは、先行研究にて

明らかにされてきた。しかし、これらの先行研究は実際の試合において度々発現するボディコンタクトの影響を考慮していないものがほとんどである。ボディコンタクトを受けても無酸素性パワーを高水準で維持することが、混戦型球技種目特有の体力特性と考えられ、その体力要素を捉えるために本論を展開してきた。

本論課題において、受動的、及び能動的筋力発揮を含んだ間欠的走パワーの持続能力の総走行距離と有酸素性作業能力との関連性が示された（課題：1，課題：3）。また、回復時間の短い能動的筋力発揮における間欠運動と相対的有酸素性作業能力との間に関連性が示された（課題：2）。さらに、先行研究において試合終了まで無酸素性走パワーを維持するためには有酸素性作業能力が重要であること（Bangsbo and Lindquist, 1992；斉藤・丹, 2001；栗添ほか, 2004；明石・田中, 2005）、回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の維持にも有酸素性作業能力が重要であることが示された（坂井ほか, 1999；坂井ほか, 2000）。混戦型球技種目は間欠的運動の特徴を有しているが、無酸素性の動きとその出現頻度は不規則に現れる。このことや本論課題、先行研究において示唆された内容をふまえると、混戦型球技種目の選手において繰り返しボディコンタクト由来の筋力発揮を行っても試合終了まで間欠的に無酸素性走パワーを維持するためには、有酸素性作業に優れる事が絶対的に重要な条件であると考えられる。

他の体力要素に関しては、受動的な筋力発揮を含む回復時間の短い無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の維持と、受動的な筋力発揮の動作に関与する筋群である Bench press の筋力との関連性が認められた（課題：1）。また、課題：2と課題：3で行った能動的筋力発揮の動作で動員される筋群は、脊柱起立筋、広背筋、上腕二頭筋、大臀筋、大腿二頭筋、大腿直筋、内側広筋である（三谷ほか, 2013）。それを含む回復時間の短い無酸素性投パワーの間欠的発揮能力の維持には Bench press, Half squat, Two hands curl の筋力に優れる必要性が認められた（課題：2）。同じく能動的筋力発揮を含む間欠的走パワーの持続能力には High clean の筋力に優れる必要性が認められた（課題：3）。これらの結果は、筋力発揮動作で動員される筋力に優れることが、筋力発揮が及ぼす影響を少なく出来、なお且つ、無酸素性パワーの間欠的発揮能力を維持することに繋がると考えられる。

本論の結論として、ボディコンタクトを受けても間欠的に発揮される無酸素性パワーを維持するためには、有酸素性作業能力に優れ、ボディコンタクト時の筋力発揮に動員される筋力に優れることが重要であることが示唆された。また、ボディコンタクトが含まれる混戦型球技種目の選手はこれらの体力要素に優れることが重要であると考えられる。

II. 今後の課題

本論は、これまで単一運動形態だけで評価されてきた混戦型球技種目の体力特性に、走運動と筋力発揮という二つの要素を組み込んで複合的にその体力特性を捉えてきた。これらの研究成果を含め、今後は様々な筋力発揮を含む無酸素性走パワーの間欠的トレーニング法の検討が課題に挙げると考えられる。高強度間欠的トレーニングが有酸素性作業能力や無酸素性作業能力の走パワー向上に効果があることはこれまでの研究で明らかになっており、運動強度と回復期間の強度の設定が大きくトレーニング効果を左右する。走パワーの高強度間欠的トレーニング、絶対筋力の向上のためのウエイトトレーニング、高強度なボディコンタクトの間欠的トレーニングらを個別に行った効果と、高強度間欠的トレーニングに筋力発揮を加えたトレーニング、いわゆるサーキットトレーニングとの効果を比較し、その運動強度設定を明らかにすることが、混戦型球技種目特有の効果的な体力トレーニングに繋がっていくと考えられる。

第六章 図表

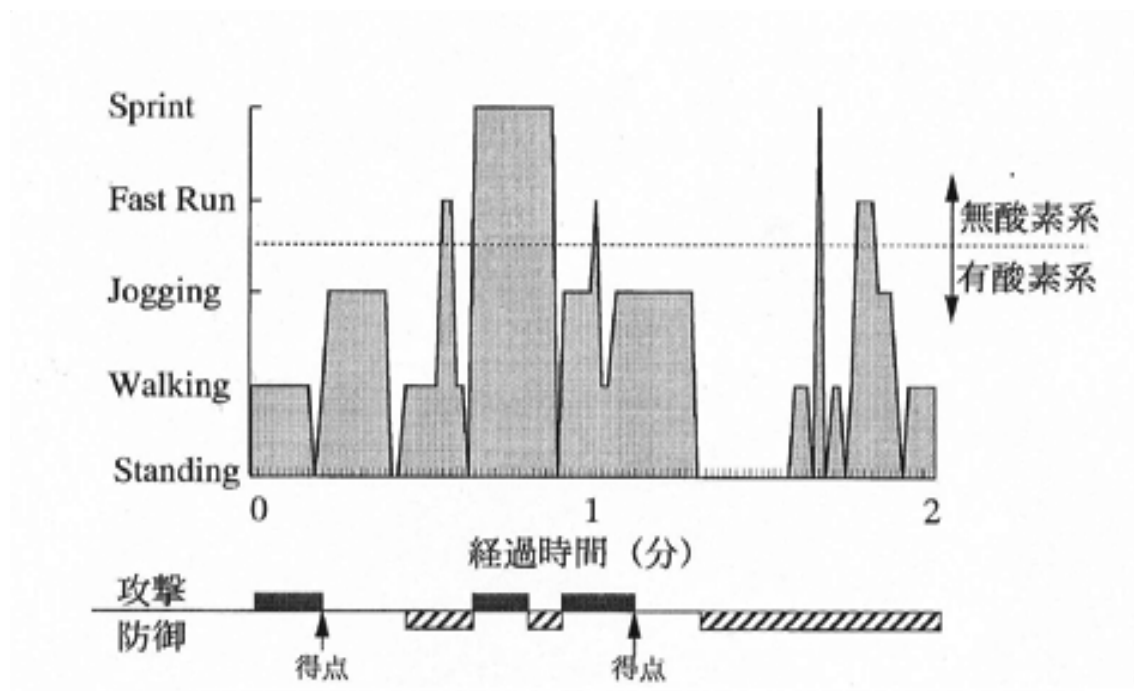


図1. ハンドボールゲーム中の動きの変化 (田中ほか, 1997)

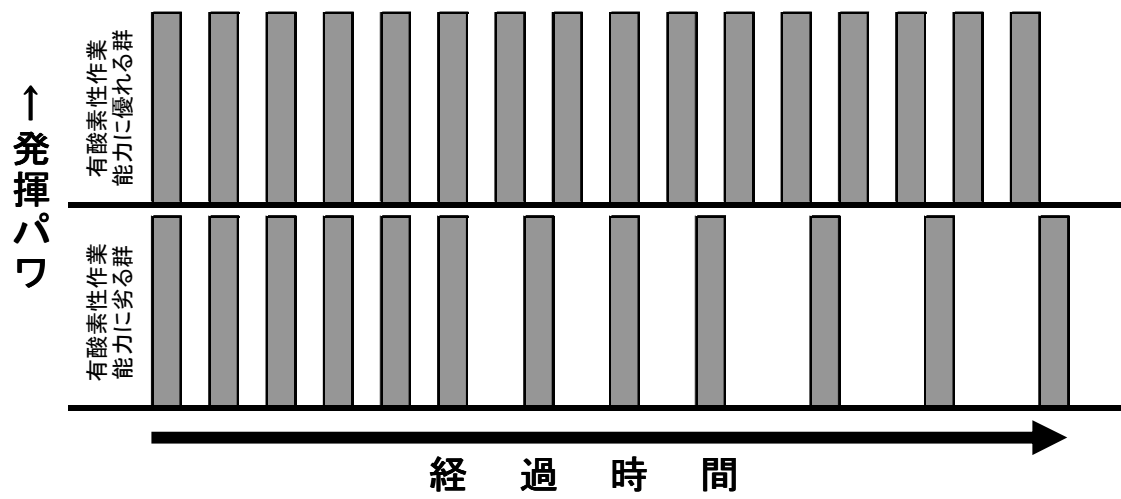


図 2. 試合中における無酸素性走パワーの発揮状況の模式図 (明石・田中, 2005)

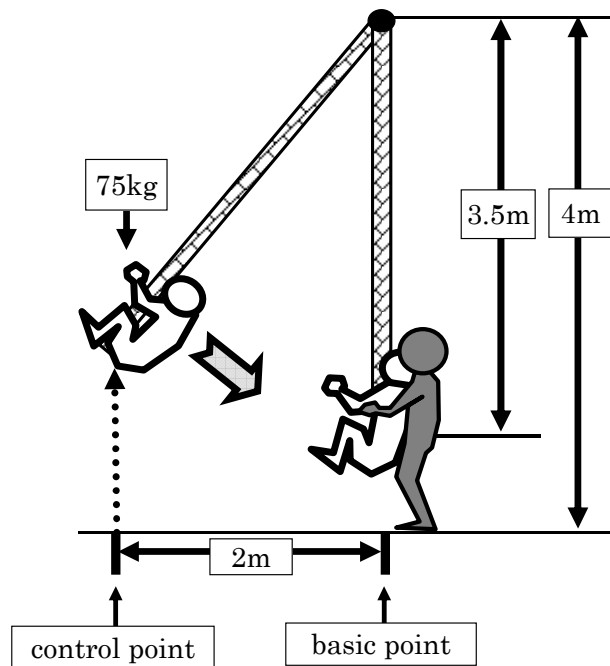
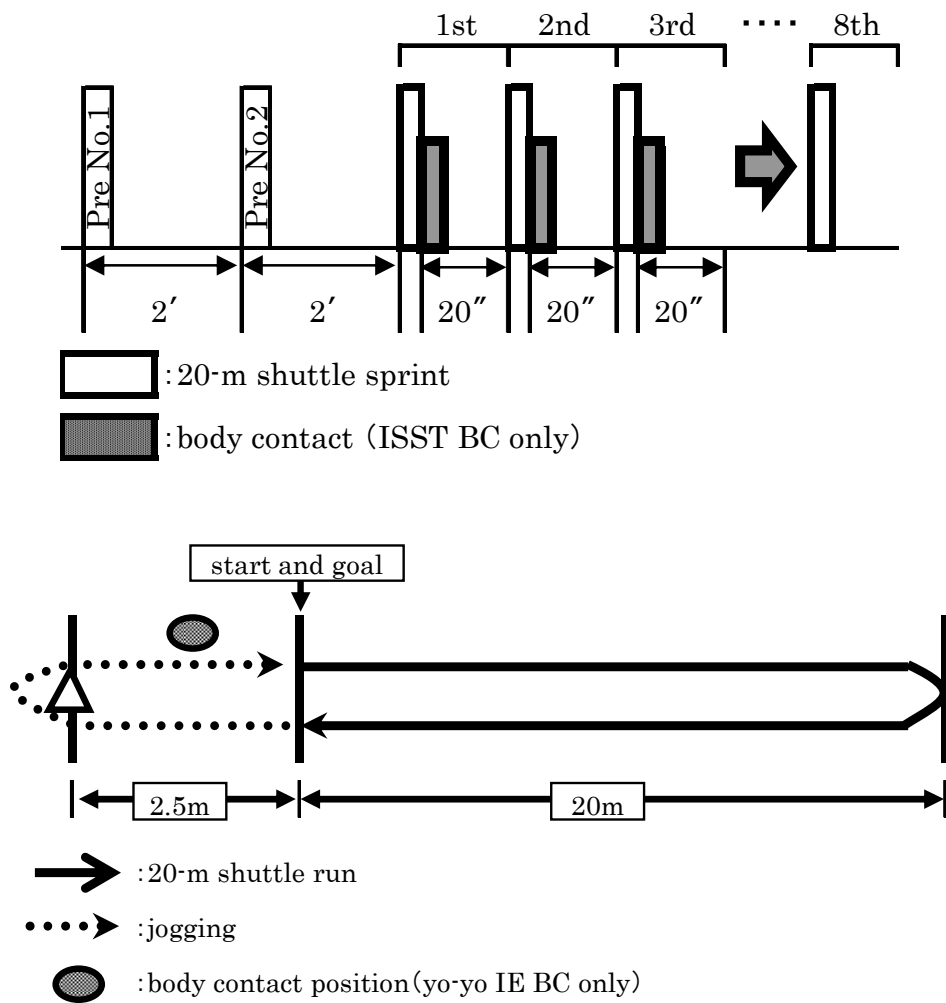


図 3. ISST, ISST BC, yo-yo IE, yoyo IE BC の測定方法

表 1. ISST, ISST BC, yo-yo IE, yoyo IE BC の測定結果

body weight (BW)	【kg】	71.34 ± 5.07	
strength (BPmax)	【kg】	81.13 ± 10.40	
20m Shuttle Sprint (average speed)	【m/s】	5.79 ± 0.21	
ISST (average retention rate)	【%】	91.15 ± 2.19] n. s
ISST BC (average retention rate)	【%】	89.81 ± 1.88	
yo-yo IE (running distance)	【m】	3720.00 ± 566.77] *
yo-yo IE BC (running distance)	【m】	3067.69 ± 675.95	

Values are mean ± S.D, *: p<0.05

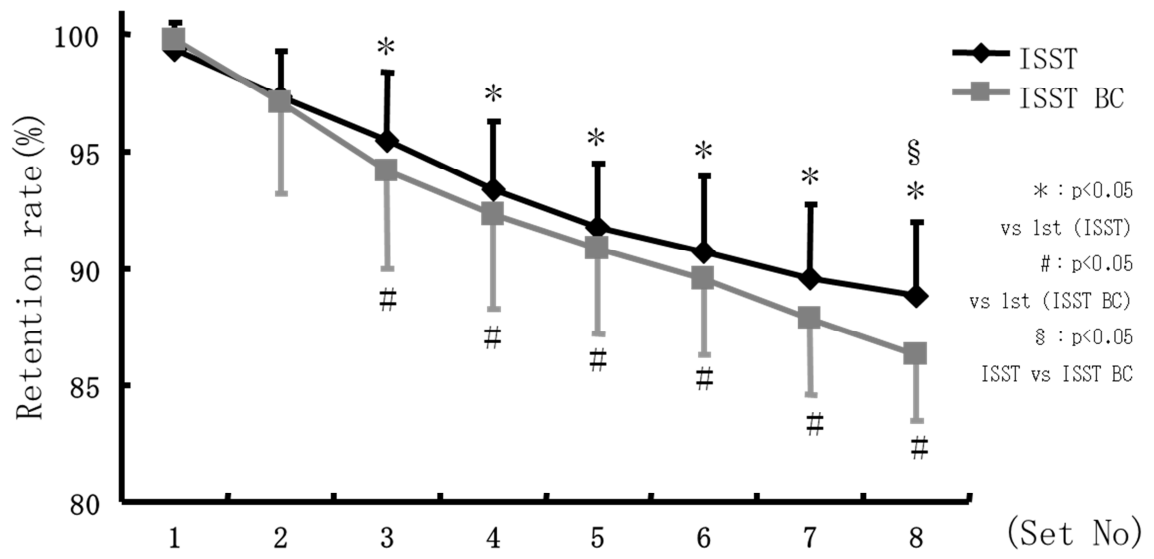


図 4. ISST と ISST BC の維持率推移

表 2. 課題 1 における各測定結果交互の相関係数表

	BW	BPmax	20m shuttle sprint	ISST	ISST BC	yo-yo IE	yo-yo IE BC
body weight (BW)		0.761 *	-0.314	-0.082	0.786 *	-0.471	-0.293
strength (BPmax)			-0.115	-0.341	0.748 *	-0.505	-0.232
20m Shuttle Sprint (average speed)				-0.344	-0.359	0.101	0.138
ISST (average retention rate)					-0.338	0.730 *	0.371
ISST BC (average retention rate)						-0.639 *	-0.437
yo-yo IE (running distance)							0.751 *
yo-yo IE BC (running distance)							

* : p<0.05

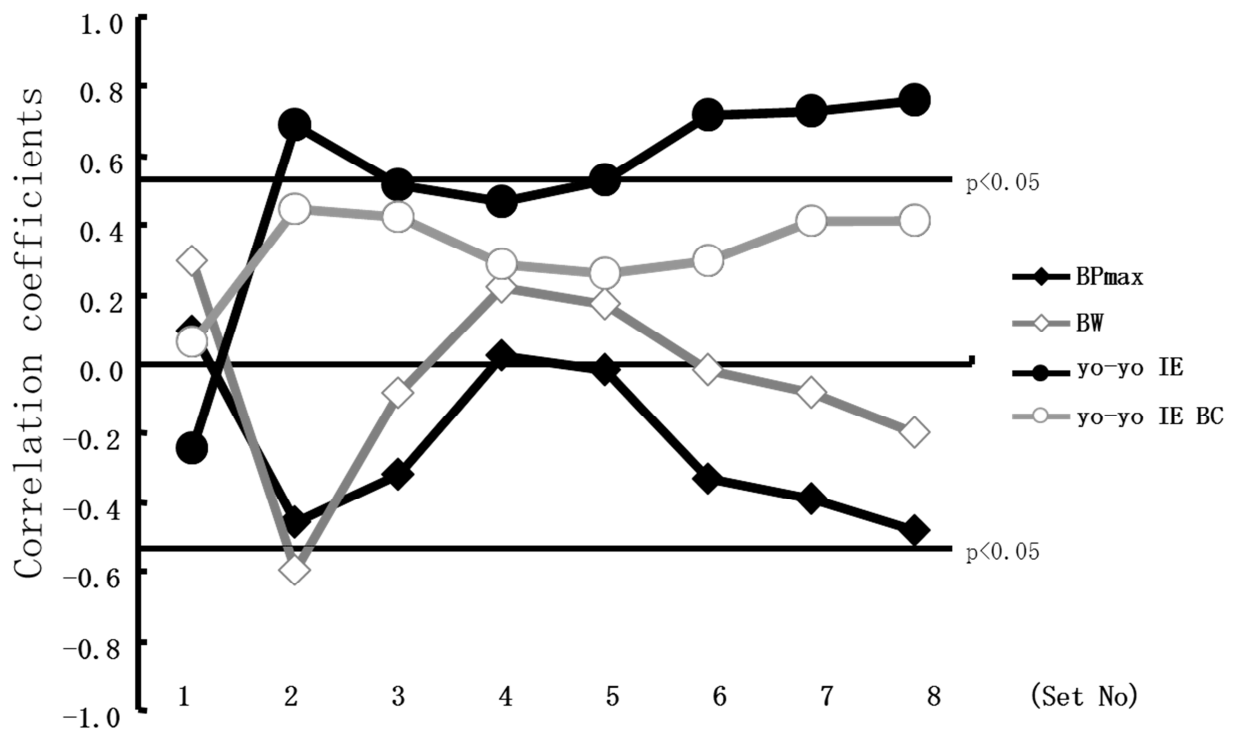


図 5. ISST 維持率と各測定結果との相関係数の変化

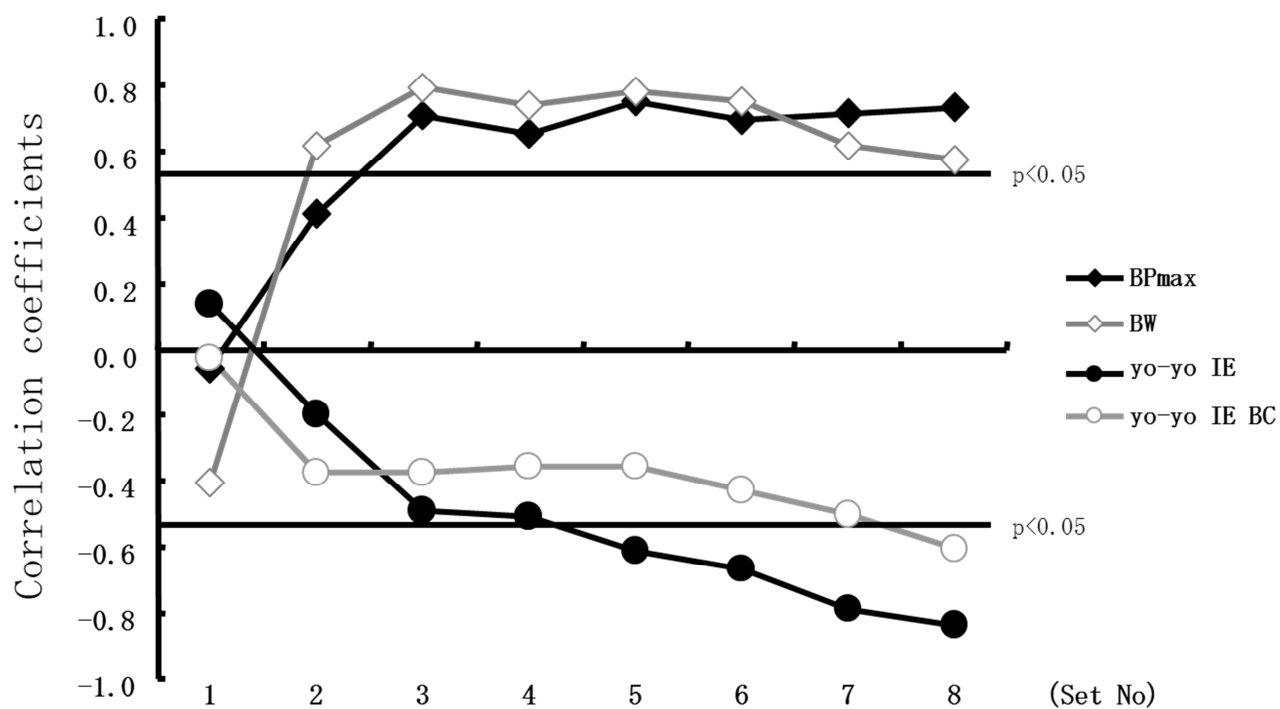


図 6. ISST BC 維持率とベンチプレス MAX, yo-yo IE, yo-yo IE BC との相関係数の変化

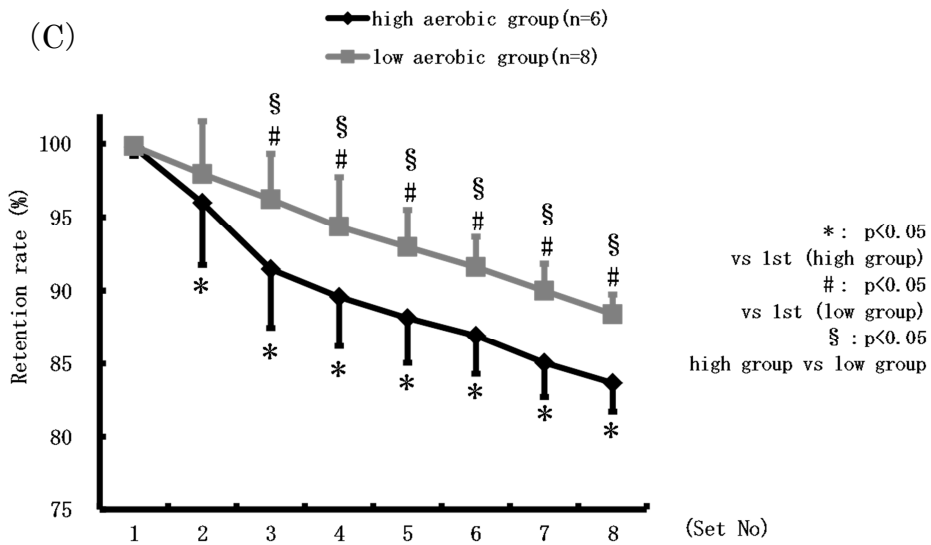
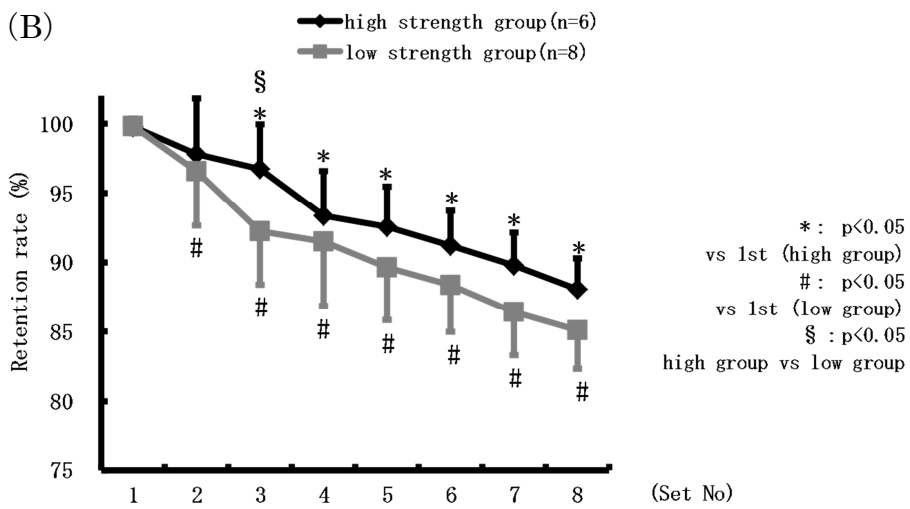
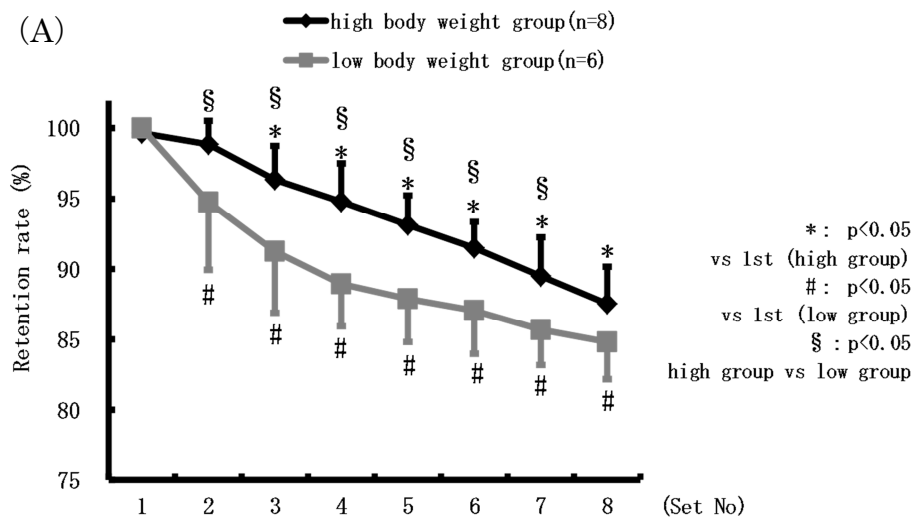


図7. 体力要素別 ISST BC 維持率の推移 (A. 体重別, B. 筋力別, C. 全身持久力)

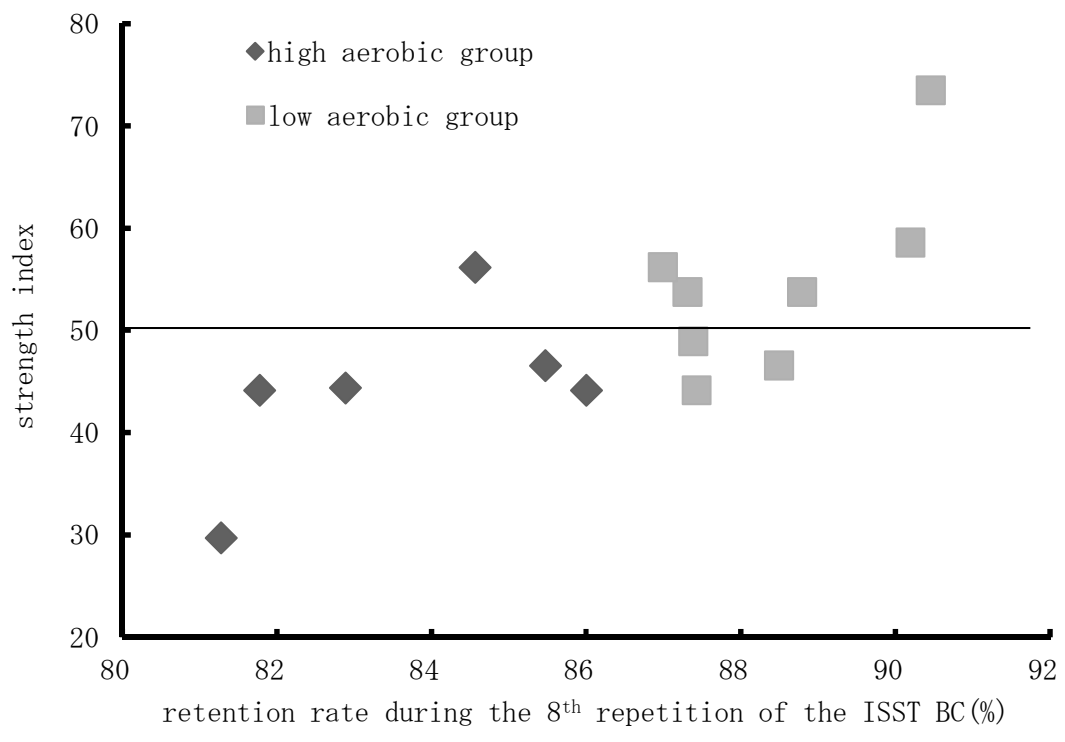


図 8. Strength index と 8 セット目の ISST BC 維持率との関係

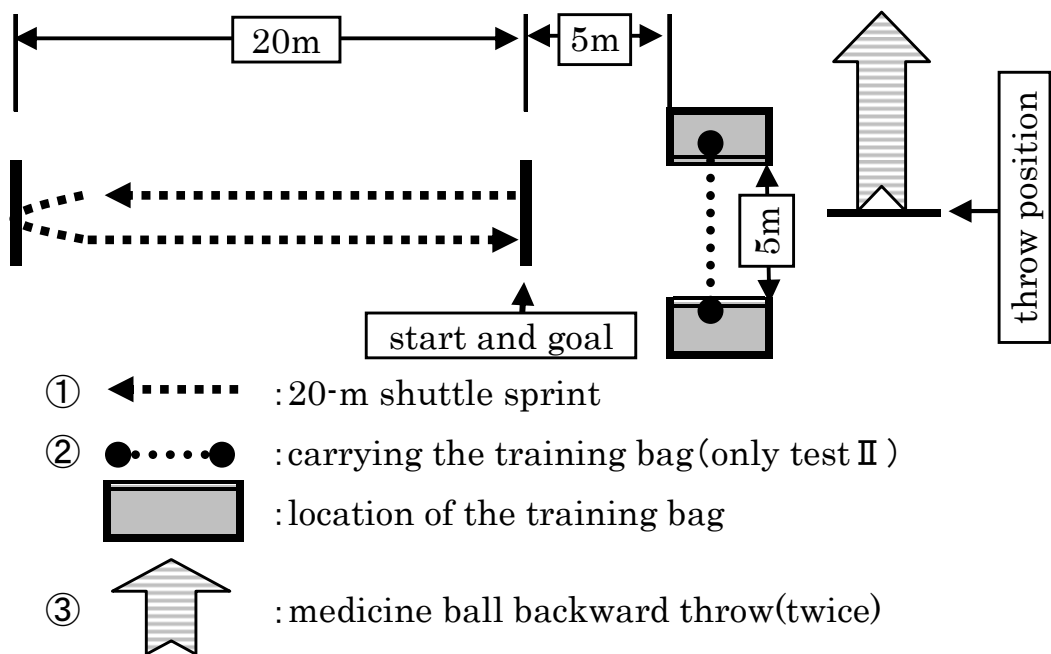
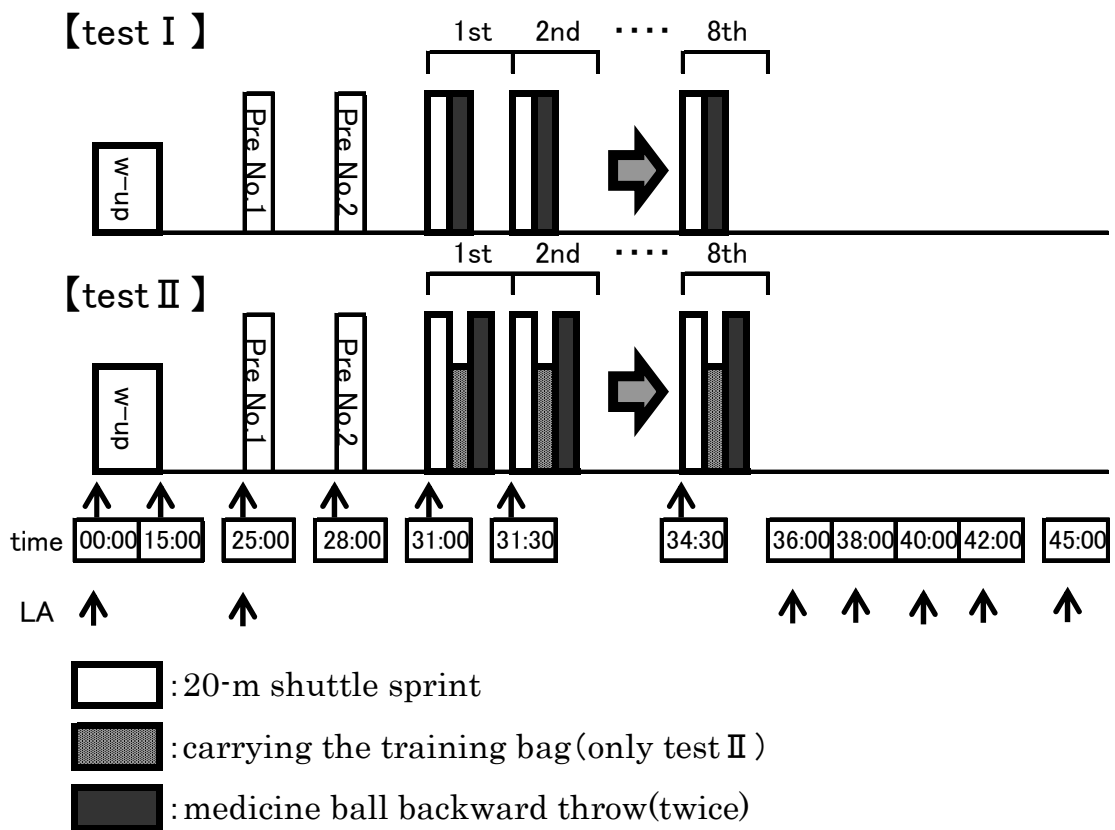


図9. test I, test II の測定方法

表 3. 課題 2 における被験者の体力特性

Body weight	(kg)	68.95 ± 5.22
20m shuttle sprint	(m/sec)	5.76 ± 0.15
Medicine ball backward throw	(m)	10.47 ± 0.85
12 Minutes run	(m)	3023.68 ± 170.48
Bench press	(kg)	83.55 ± 12.31
High clean	(kg)	68.95 ± 9.51
Two hands curl	(kg)	36.18 ± 6.09
Half squat	(kg)	155.79 ± 35.33

Values are mean ± S.D

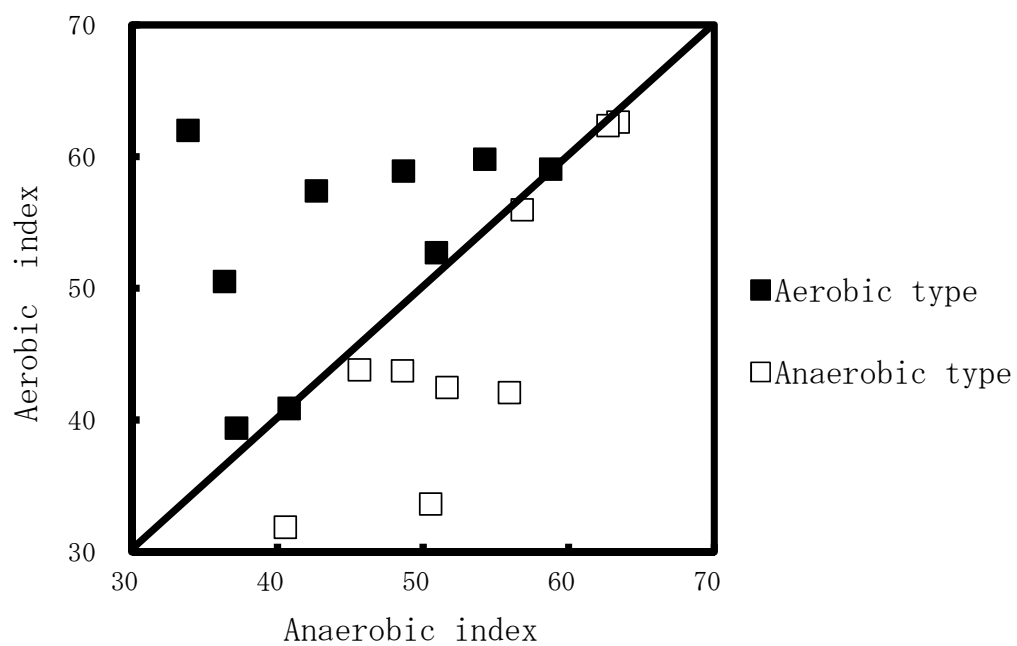


図 10. 課題 2 における被験者の Anaerobic index と Aerobic index との関係

表 4. 課題 2 における各体力要素間の相関係数表

	Body weight	Bench press	High clean	Two hands curl	Half squat	Strength index	Anaerobic index	Medicine ball backward	Aerobic index	Relative aerobic power
Body weight		0.355	0.211	0.417	0.258	0.383	-0.475 *	0.313	-0.062	0.311
Bench press			0.265	0.914 *	0.557 *	0.845 *	0.150	0.592 *	-0.112	-0.211
High clean				0.382	0.540 *	0.676 *	0.456 *	0.138	0.448	0.044
Two hands curl					0.580 *	0.889 *	0.192	0.631 *	-0.059	-0.212
Half squat						0.827 *	0.105	0.467 *	-0.068	-0.134
Strength index							0.279	0.565 *	0.064	-0.159
Anaerobic index								0.143	0.338	-0.555 *
Medicine ball backward throw									-0.369	-0.414
Aerobic index										0.569 *
Relative aerobic power										

* : p<0.05

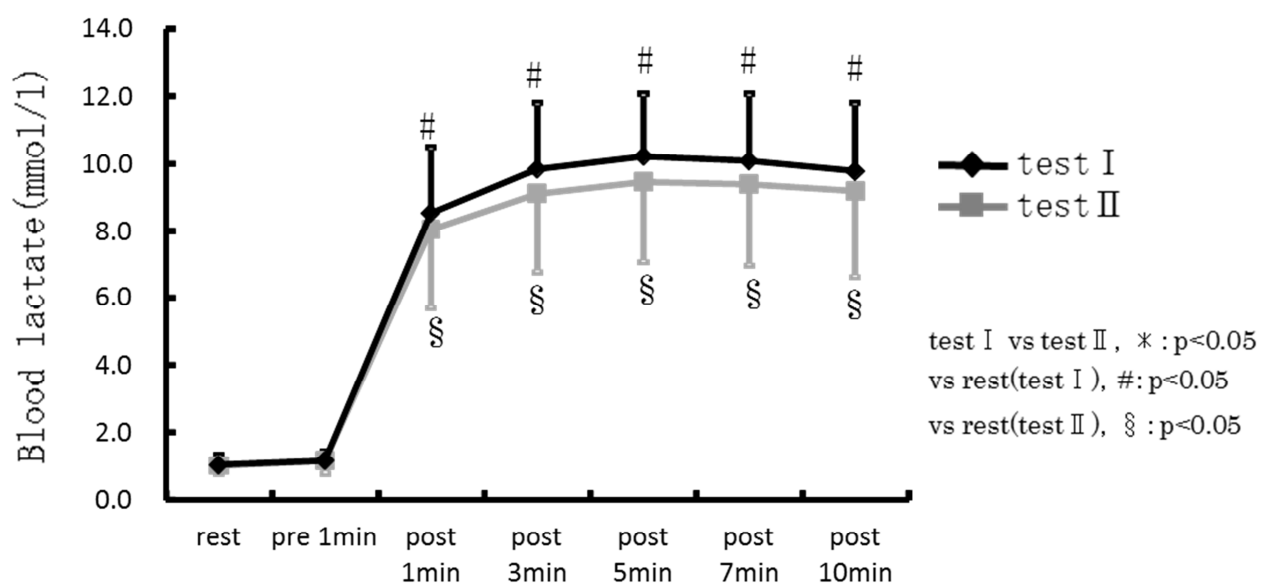


図 11. test I, test II における血中乳酸濃度の推移

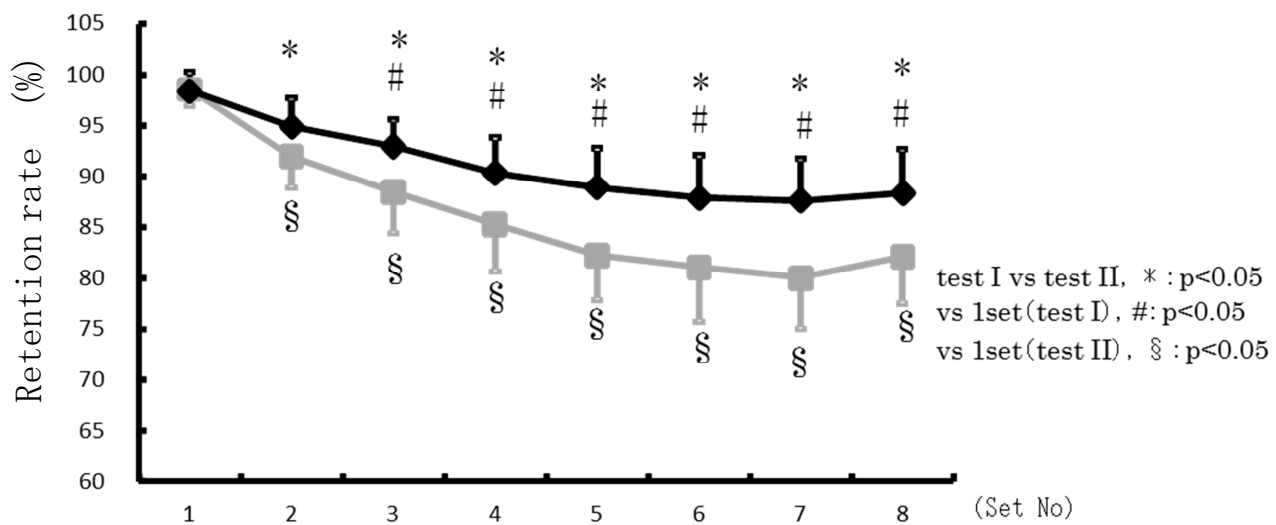


図 12. test I, test II における 20m 往復走維持率の推移

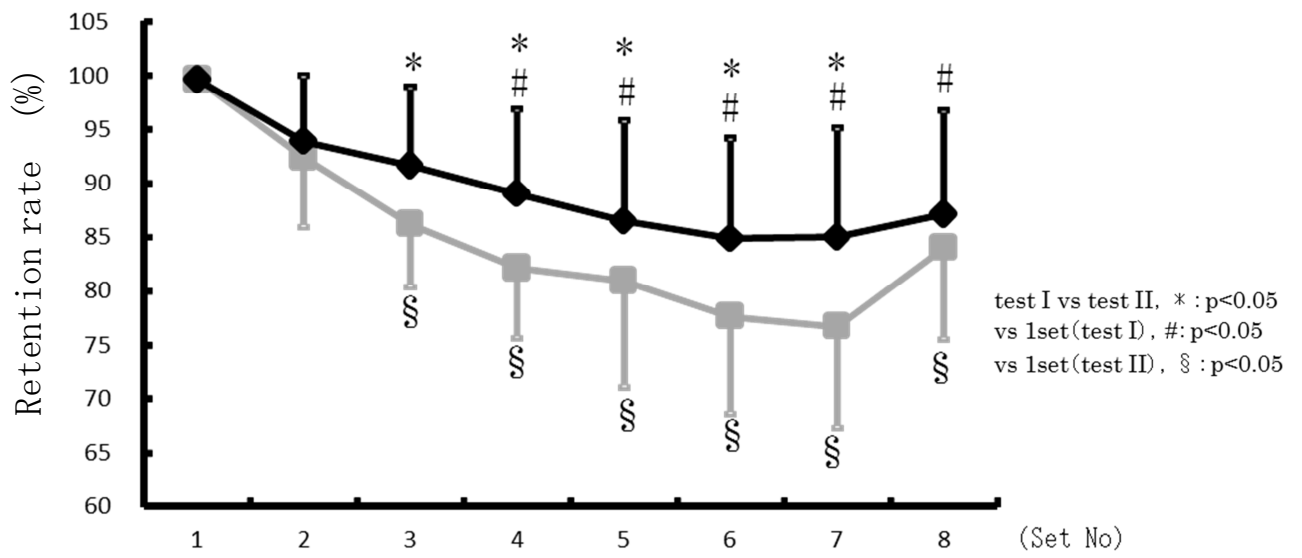


図 13. test I, test II におけるメディシンボール後方投げ維持率の推移

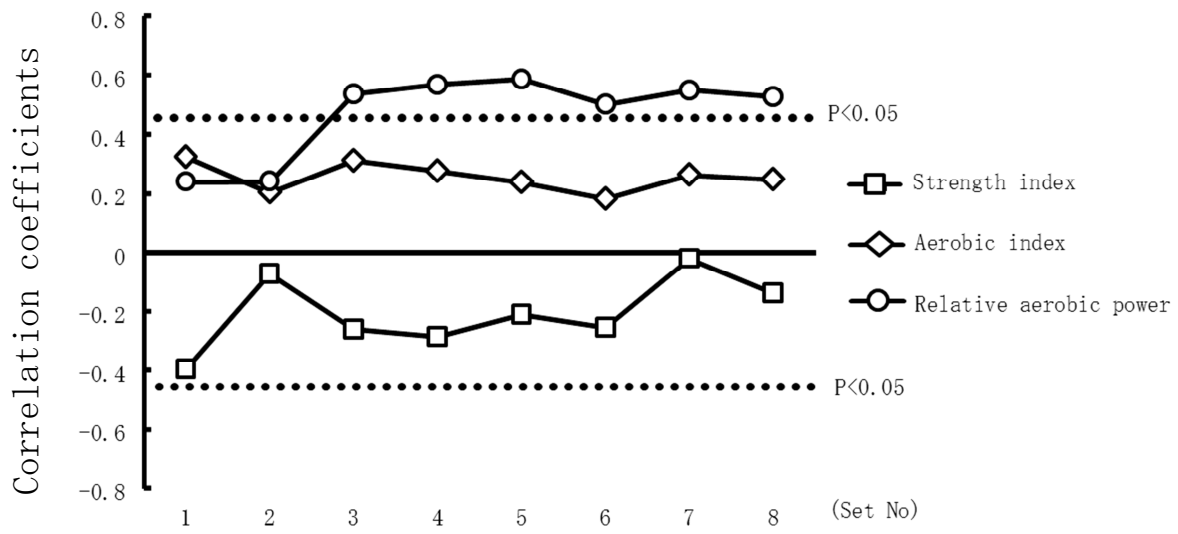


図 14. test I における各セット 20m 往復走維持率と各体力要素との相関係数の推移

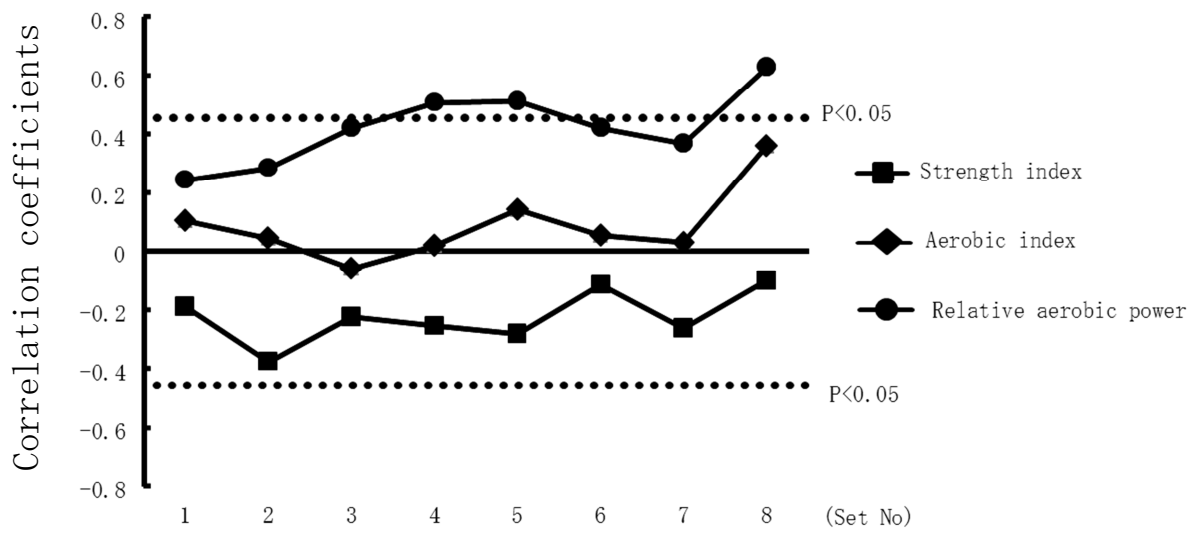


図 15. test II における各セット 20m 往復走維持率と各体力要素との相関係数の推移

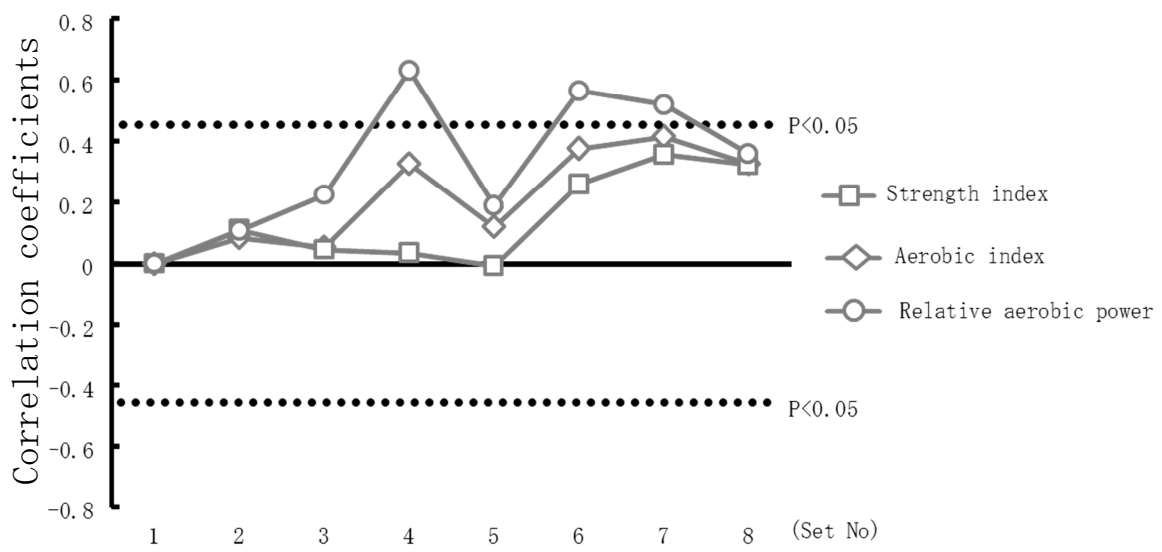


図 16. test I における各セットメディシンボール後方投げ維持率と各体力要素との相関係数の推移

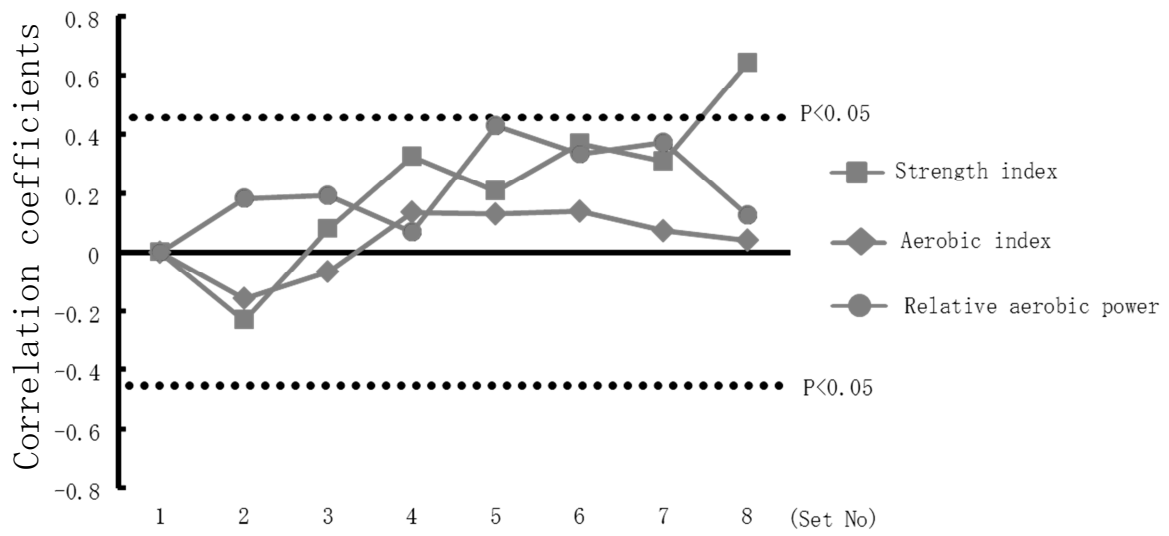


図17. test IIにおける各セットメディシンボール後方投げ維持率と各体力要素との相関係数の推移

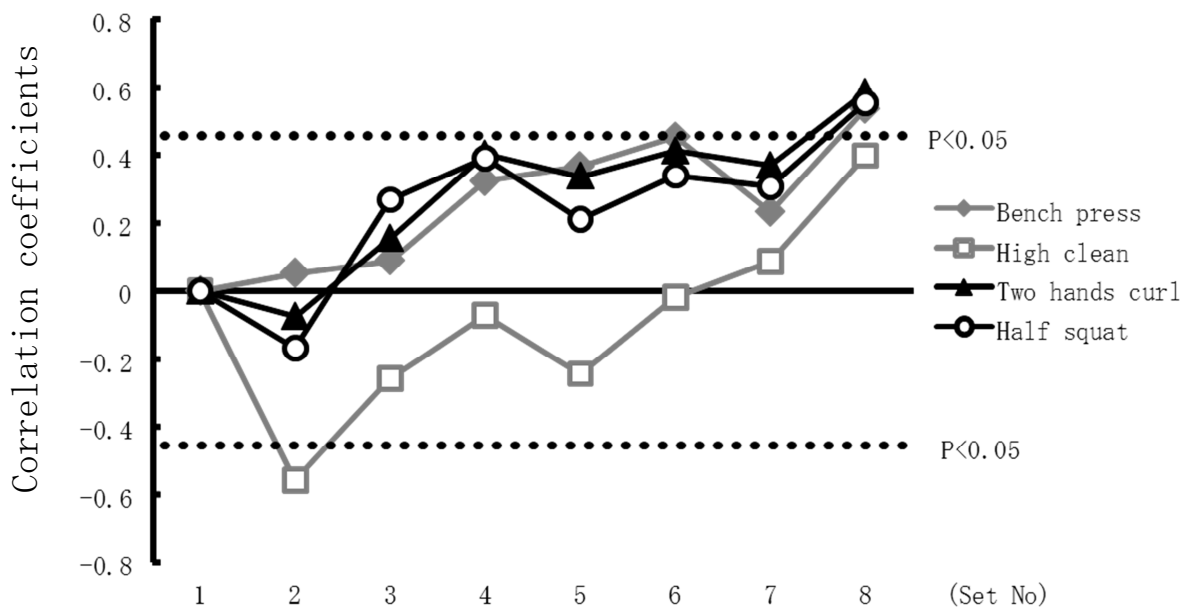


図18. test IIにおける各セットメディシンボール後方投げ維持率と筋力測定4種目との相関係数の推移

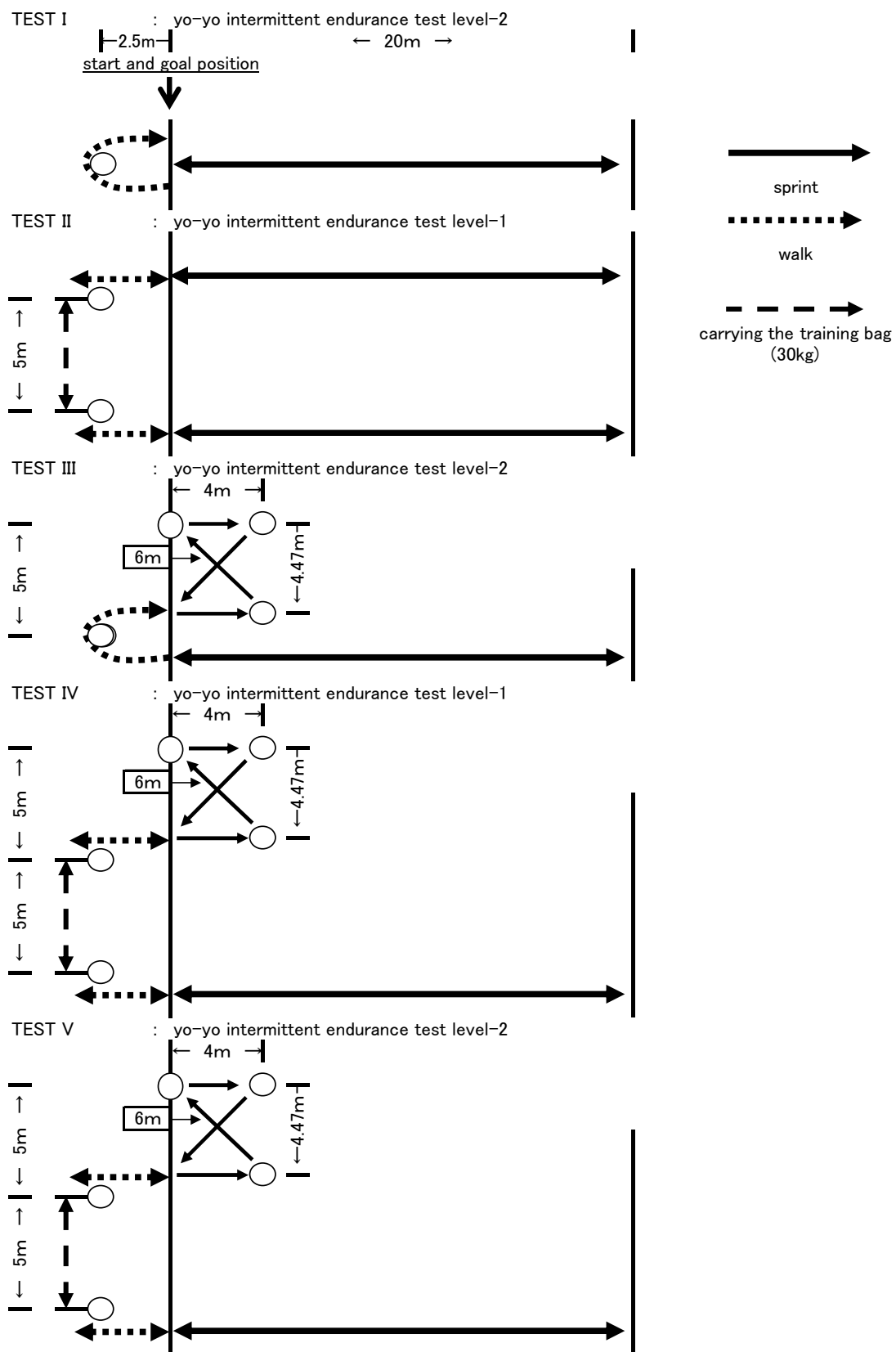


図 19. 各間欠的持続能力の測定方法

表 5. 課題 3 における被験者の体力特性

body height	(m)	174.56 ±	5.64
body weight	(kg)	69.43 ±	5.18
50m sprint	(m/sec)	7.47 ±	0.18
25m change direction sprint	(m/sec)	4.39 ±	0.13
ability of changing direction		1.70 ±	0.05
maximal leg extension power	(watt)	1827.13 ±	292.40
bench press	(kg)	88.00 ±	16.43
high clean	(kg)	74.50 ±	7.21
two hands curl	(kg)	35.83 ±	5.95
12minutes running	(m)	2994.33 ±	164.68

Values are mean ± S.D

表 6. 課題 3 における各体力要素間の相関係数表

	body weight	50m sprint	25m change direction sprint	ability of changing direction	maximal leg extension power	bench press	high clean	two hands curl	strength index	12minutes running
body weight										
50m sprint	-0.029									
25m change direction sprint		0.336								
ability of changing direction		0.400	0.321							
maximal leg extension power		0.211	-0.003	0.235						
bench press		0.343	0.091	0.638*						
high clean		0.444	0.105	0.104	0.038					
two hands curl		0.228	-0.574*	-0.041	0.589*					
strength index		0.209	0.021	0.890	0.900*					
12minutes running		-0.391	0.207	-0.041	0.609*					
		0.458	0.207	0.571*	0.900*					
		-0.166	0.480	0.575*	0.480					
		-0.122	0.835*	-0.608*	-0.350					

*: $p < 0.05$

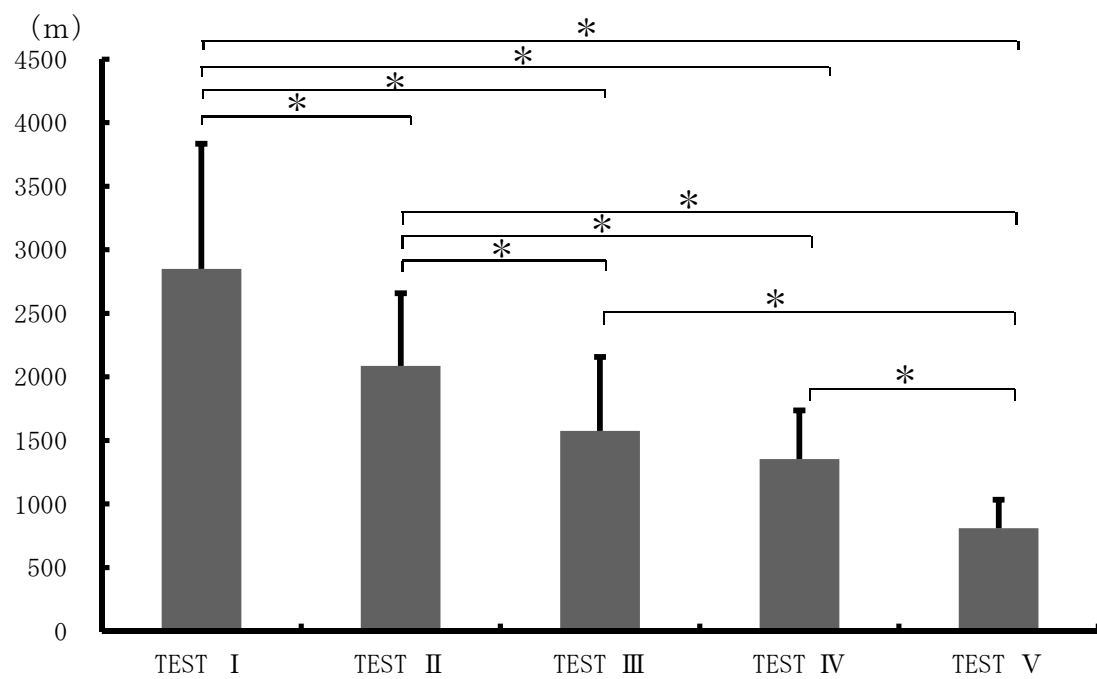


図 20. 各間欠的持続能力の総走行距離

表 7. 各間欠的持続能力の総走行距離と各体力要素との相関係数表

	TEST I	TEST II	TEST III	TEST IV	TEST V
body weight	0.150	0.119	-0.012	0.054	0.045
50m sprint	0.159	0.199	-0.058	-0.392	-0.159
25m change direction sprint	-0.019	-0.100	-0.464	-0.437	-0.230
ability of changing direction	0.172	0.290	0.462	0.137	0.117
maximal leg extension power	-0.145	0.093	0.050	-0.181	0.015
bench press	-0.446	-0.345	-0.170	-0.262	-0.376
high clean	0.404	0.649*	0.656*	0.540*	0.499
two hands curl	-0.574*	-0.424	-0.326	-0.329	-0.414
strength index	-0.278	-0.054	0.072	-0.023	-0.132
12minutes running	0.815*	0.768*	0.732*	0.735*	0.733*
TEST I		0.827*	0.625*	0.514*	0.626*
TEST II			0.798*	0.610*	0.829*
TEST III				0.697*	0.728*
TEST IV					0.807*
TEST V					

*: $p < 0.05$

第七章 引用参考文献

- 安達隆博・斉藤慎太郎・白井克佳・栗山雅倫・田中 守 (2008) ハンドボールジュニア優秀選手の体力測定評価に関する研究. 九州産業大学健康・スポーツ科学研究, 10:25-32.
- 明石光史・田中 守 (2005) ハンドボール競技における Game Stamina に関する研究. ハンドボール研究, 7 : 104-111.
- 明石光史・田中 守・田中宏暁・進藤宗洋 (2005) 球技スポーツにおける無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に関する簡易測定法の検討. 福岡大学スポーツ科学研究, 36-1 : 77-88.
- 明石光史・田中 守・田中宏暁・檜垣靖樹 (2010) ハンドボール選手における走・投パワーの間欠的発揮能力—インターバル中の筋力発揮による走・投パワーへの影響—. 第 23 回トレーニング科学大会, : 41.
- 明石光史・田中 守・田中宏暁・檜垣靖樹 (2014) ハンドボール競技選手におけるボディコンタクトが走パワーへ及ぼす影響:漸増負荷運動と間欠運動に着目して. 体育学研究, 59(2) : 745-754.
- 有賀誠司 (2003) ストレングス&コンディショニングⅡ-エクササイズ編-. 大修館書店, 東京, pp. 1-39.
- Ascensão, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L. and Magalhães, J. (2008) Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, 41 : 841-851.
- 東 庸介・鉄口宗弘・難波康太・三村寛一・渡邊俊之 (2011) 大学野球選手の投球動作に体幹が及ぼす影響について. 大阪教育大学紀要 第 4 部門 教育科学, 59-2 : 175-185.
- Bangsbo, J. and Lindquist, F. (1992) Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med*, 13(2) : 125-132.
- Bangsbo, J. (1994a) Fitness training in football —A scientific approach—, H0+ Storm. Bagsvaerd, Denmark, pp. 81-99.
- Bangsbo, J. (1994b) The physiology of soccer ; with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.* 151(Suppl. 619) : 1-155.
- Bigland-Ritchie, B. (1981) EMG/force relations and fatigue of human voluntary contractions. *Exerc Sports Sci Rev*, 9 : 75-117.

- Bigland-Ritchie, B. and Woods, J. J. (1984) Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle Nerve*, 7 : 691-699.
- Bloomfield, J., Polman, R. and O'Donoghue, P. (2007) Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *J Sports Sci Med*. 6(1):63-70.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. and Nevill, A. M. (1995) Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*, 482 (2) :467-480.
- Brewer, J. and Davis, J. (1995) Applied physiology of rugby league. *Sports Med*. Sep;20(3):129-35.
- Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., Avloniti, A., Karipidis, A., Jamurtas, A. Z., Skevaki, C. L., Tsoukas, D., Sovatzidis, A., Theodorou, A., Kambas, A., Papassotiriou, I., Taxildaris, K. and Fatouros I (2014) The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match. *J Sports Sci* ;32(9) : 870-82.
- Clarkson, P. M., Nosaka, K. and Braun, B. (1992) Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc*, 24(5):512-520.
- Cooper, K. H. (1968) A means of assessing maximal oxygen intake. - Correlation between field and treadmill testing-. *JAMA*, 203(3) : 201-204.
- デーブラー： 稲垣安二， 上平雅史監訳； 谷釜了正訳 (1988) 球技運動学. 不昧堂出版： 東京， pp. 310-322.
- 榎木泰介・中川実紀・今井 唯 (2013) 大学アメリカンフットボール選手における身体組成と体力特性の関係. 大阪教育大学紀要, 第3部門自然科学・応用科学, 61(2) : 47-53.
- Fox, E. L., Robinson, S. and Wiegman, D. L. (1969) Metabolic energy sources during continuous and interval running. *J Appl Physiol*. Aug ; 27(2) : 174-8.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H. and Brooks, S. (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, 75(2) : 712-719.
- 後藤 実・谷口有子・山本正嘉・百武憲一・岩井美樹・成澤三雄 (2000) 野球投手におけるボールスピードの低下と筋力, 全身持久力との関係. *トレーニング科学*, 12(2) : 103-110.

- 半田 徹・加藤浩人・長谷川 伸・岡田純一・加藤清忠 (2006) 筋力トレーニングのスクワット系とデッドリフト系種目における固有背筋,大殿筋,大腿直筋,大腿二頭筋および内側広筋の筋電図学的研究. 姿かたち研究, 6 : 33-46.
- 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.
- 平野裕一・加賀谷淳子 (2002) トレーニングによるからだの適応—スポーツ生理学トピックス—. 杏林書院 : 東京, pp. 40-53.
- 芳賀脩光・大野秀樹 (2003) トレーニングの生理学. 杏林書院 : 東京, pp. 113-117.
- Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., McGuigan, M. R. and Nosaka, K. (2008) Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting, and changing of direction?. J Strength Cond Res, 22(2):412-8.
- 石井潤一・石川隆志 (1997) ミオグロビン, 心筋ミオシン形鎖 I, 心筋トロポニン T. 検査と技, vol. 25 : 315-321.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., Margonis, K., Chatzinikolaou, A., Kalistratos, E., Katrabasas, I., Alexiou, V. and Taxildaris, K. (2008) Time-course of Changes in Inflammatory and Performance Responses Following a Soccer Game. Clin J Sport Med., 18-5 : 423-431.
- 伊藤和一・谷所 慶・平川和文 (2007) ハンドボール競技の運動強度特性および間欠運動としての動きのパターンに関する研究. 体育・スポーツ科学, 16 : 31-36.
- Johnston, R. D., Gabbett, T. J. (2011) Repeated-sprint and effort ability in rugby league players. J Strength Cond Res. 25-10:2789-2795.
- 河辺典子 (1997) クレアチンキナーゼ (CK)・CK アイソザイム. 臨床スポーツ医学 臨時増刊号. 14 : 45-47.
- 小立 淳 (1987) 今日の臨床検査 - ミオグロビン -. (株) 南江堂 : 東京, pp. 293.
- 栗添香織・明石光史・田中 守 (2004) バスケットボール競技におけるシミュレーションゲーム中の無氣的走パワーの間欠的発揮能力に関する研究. 福岡大学スポーツ科学研究, 35-1 : 31-45.
- Laura, R. and Dutton, K. (1993) Weight training for sports. Bantam sports: Sydney, pp. 42-44.

- Leger, L. A. and Lambert, J. (1982) A maximal multistage 20m-shuttleruntest to predict Vo₂max. Eur J Appl Physiol, 49 (1) :1-12.
- Newham, D. J., Jones, D. A. and Clarkson, P. M. (1987) Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. J Appl Physiol, 63(4):1381-1386.
- Margaria, R., Oliva, R. D., Di Prampero, P. E. and Cerretelli, P. (1969) Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. J Appl Physiol. 26(6) : 752-6.
- Margaria, R. (1976) Biomechanics and energetics of muscular exercise, Clarendon Press: Oxford, pp.126-139.
- Marin, D. P., Dos Santos, R. C., Bolin, A. P., Guerra, B. A., Hatanaka, E. and Otton, R. (2011) Cytokines and oxidative stress status following a handball game in elite male players. Oxid Med Cell Longev.
- Marcovic, G. (2007) Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. J Sports Med Phys Fitness, 47(3):276-83.
- 三谷保弘・橋本雅至・北川智美・松木明好 (2013) 荷物の持ち上げ動作時の下肢および体幹の運動力学的解析 : 荷物の重さの違いによる検討. 理学療法科学, 28-5 : 619-622.
- 宮城 修・須佐徹太郎・北川 薫 (1997) サッカー選手の試合中の生理学的特徴および動きの特徴. デサントスポーツ科学, 18 : 231-238.
- 森 弘暢・石指宏通・中井俊行・河瀬泰治・三野 耕・若吉浩二 (1999) 間欠的シャトルランを用いたフィットネス評価の試み. ラグビー科学研究, 11 : 23-27.
- 森口哲史・市村志朗・藤田 勉・永澤 健・前田雅人 (2009) ハンドボールに必要な間欠的運動能力に関するフィールドテストの検討. 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要, 19 : 81-86.
- 二瓶智樹・佐藤 佑 (2003) 野球投手のボールスピード低下に及ぼす握力の影響. 仙台大学大学院スポーツ科学研究科研究論文集, 4 : 89-96.
- Roger, W. E. and Thomas, R. B. (2002) ストレングス・トレーニング&コンディショニング 第2版. 有限会社ブックハウス・エイチディ, 東京, pp. 379-428.
- Safran, M. R., Seaber, A. V. and Garrett, W. E. (1989) Warm-up and muscular injury prevention. An update. Sports Med. 8(4):239-49.

- 斉藤洋之助・丹 信介 (2001) サッカーにおける間欠的な高強度運動の持続能力と有酸素能力との関係に関する検討. サッカー医・科学研究, 21 : 68-73.
- 坂井和明・水上 一・斉藤一人・Sheahan John・高松 薫 (2000) 球技選手における間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題に関する研究 : エネルギー産生能力のタイプに着目して. 体育学研究, 45(2), 239-251.
- 坂井和明・Sheahan John・高松 薫 (1999) 間欠的なハイパワー発揮能力と3種のエネルギー産生能力との関係. 体力科学, 48(4), 453-466.
- 坂井和明 (2010) 球技スポーツ競技者の間欠的なハイパワー発揮能力. フットボールの科学, 5(1) : 19-34.
- 笹木正悟・金子 聡・矢野 玲・浅野翔太・永野康治・櫻井敬晋・福林 徹 (2011) 方向転換走と直線走および垂直跳びの関係:一重回帰分析を用いた検討-. トレーニング科学, 23(2) : 143-151,
- 高松 薫 (1991) 体力・運動能力テストによるスポーツタレントの発掘方法に関する研究-その2 球技スポーツにおける完成段階の体力・運動能力テスト項目について-. 日本体育協会スポーツ医科学研究報告集, 2 : 61-71.
- 高松 薫・佐藤芳弘・宮坂雅昭・高森秀蔵 (1989) 無氣的パワーにおける“カ型”と“スピード型”のタイプからみたラグビー選手の特性. 体育学研究, 34(1) : 81-88.
- Takarada, Y. (2003) Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays . Br J Sports Med., 37-5 : 416-419.
- 竹内久貴・梅田 孝・珍田大輔・益子俊志・小山隆男・高橋一平・岡田 隆・岡村典慶・中山悌一・中路重之 (2005) 7人制ラグビー日本代表候補選手における試合実施による身体的・精神的疲労の出現に関する研究. 臨床スポーツ医学, 22(2) : 185-192.
- 田中 守・樋口幸治・溝岡賀子・中根智子・田中宏暁・進藤宗洋 (1997a) ハンドボールゲーム中の動きの質・量と心拍応答. 福岡大学体育学研究, 27 (2) : 1-13.
- 田中 守・溝岡賀子・半田信吾・田中宏暁・進藤宗洋 (1997b) ハンドボール競技に必要な全身持久力に関する研究-間欠的走パワーの持続能力について-. 福岡大学体育学研究, 28 : 9-23.
- 田中 守 (1999) ハンドボール-発想の転換による体力づくりと体力測定・評価-. 体育の科学, 49(10) : 817-821.

- 田中 守(2000)年齢(発育発達)に応じた体力づくり. ハンドボール強化指導教本 NTS2000, 日本ハンドボール協会 : pp. 64-68.
- 田中 守・Michalsik Lars Bojsen・Bangsbo Jens (2002) デンマークにおける一流ハンドボール選手の公式ゲーム中の活動特性. スポーツ方法学研究, 15(1) : 61-73.
- 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. スポーツ方法学研究, 17(1) : 99-107.
- 田中 守・明石光史・田中宏暁・進藤宗洋 (2007) ハンドボール競技における試合中の活動特性と筋損傷との関連性, 体力科学, 56(6) : 747.
- 谷所 慶・伊藤和一・前田正登・平川和文 (2009) 混戦型球技における移動特性および間欠的運動パターンの比較. 体育学研究, 54(1) : 99-106.
- 戸田 尊・野上敦司・田中 守・村上 純 (2010) ラグビーの試合におけるフォワード選手の筋損傷の程度とゲーム貢献度との関連性. 九州体育・スポーツ学研究., 24-2:9-15.
- 舍利弗 学・松永尚久・平岡秀雄・田村修治 (2004) ハンドボール選手の移動特性に関する研究 —二次元 DLT 法を用いた走行分析—. ハンドボール研究, 6 : 68-74.
- 山本正嘉 (1989) 筋のエネルギー出力. 田畑 泉, 山本正嘉共著, 宮下充正監修, 身体運動のエナジェティクス, 高文堂 : 神奈川, pp. 135-205.
- 山本正嘉 (1994) Anaerobics と aerobics の二面性をもつ運動をとらえる—間欠的運動のエナジェティクス—. J. J. Sports Sci, 13-5 : 607-615.
- 山本正嘉・金久博昭 (1989) 間欠的な最大努力作業時におけるパワーの持続能力とエネルギー供給能力の関係. 疲労と休養の科学, 4:87-96.
- 山本正嘉・金久博昭 (1991) 間欠的運動における血中乳酸の蓄積;運動強度, 休息时间, および運動時間との関連から. J. J. Sports Sci, 10:764-770.
- Young, W.B., James, R. and Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with changes of direction?. J Sports Med Phys Fitness, 42(3):282-8.
- Zuliani, U., Bonetti, A., Franchini, D., Serventi, G., Ugolotti, G. and Varacca, A. (1985) Effect of boxing on some metabolic indices of muscular contraction. Int J Sports Med., 6 : 234-236.

謝辞

本論文は、2002年から2015年にわたって、福岡大学および大阪経済大学において行った研究成果を、福岡大学スポーツ科学部 田中宏暁教授の指導のもと作成したものである。田中宏暁教授には、本論文をまとめるにあたり何度もご迷惑をかけながらも終始暖かい激励とご指導、ご鞭撻を頂き心より感謝申し上げます。

また、福岡大学入学以降、福岡大学スポーツ科学部 田中 守教授には長きにわたり多くのことを隣で教えていただきました。福岡大学ハンドボール部現役選手時代にはハンドボールの戦術戦略を、様々なタイミングが重なり進学した福岡大学大学院修士課程以降は、研究課題は競技現場にあり研究成果は競技現場に還元されるという考えのもと、ハンドボールのコーチングと研究とを相互関連させる研究の必要性を教えていただきました。その際、教員として指導者としての姿勢、研究の心構えやおもしろさなど、多くのことも指導して頂きました。本論文作成にあたって、お忙しい合間を縫って細かな指導をいただきました。ここに深く感謝し厚くお礼申し上げます。

ご多忙の中、副査を引き受けていただいた福岡大学スポーツ科学部 檜垣靖樹教授ならびに筑波大学体育専門学群 會田 宏教授には論文作成全般にわたって多大なご指導いただきました。また、大阪経済大学 福井孝明教授には本論文作成にあたり多くの配慮と激励を頂きました。福岡大学ハンドボール部の皆様には、実験の被験者としてご協力していただきました。ここに心よりお礼申し上げます。

最後に、本論文の作成にあたっては紹介しきれないほど多くの方々のご支援ご協力のもと作成することができました。心から感謝の意を表します。今後もこの縁を大切に、ハンドボール指導と研究活動をより深めていきたいと思っております。本当にありがとうございました。

2016年3月

明石 光史