

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

森 口 哲 史〔鹿児島大学教育学部 (保健体育)〕・市 村 志 朗〔東京理科大学理工学部 (保健体育)〕
藤 田 勉〔鹿児島大学教育学部 (保健体育)〕・永 澤 健〔広島工業大学情報学部 (健康情報)〕
前 田 雅 人〔鹿児島大学教育学部 (保健体育)〕

Examination of Field Test as Evaluating Intermittent Exercise Ability for Handball Players

MORIGUCHI Tetsushi・ICHIMURA Shiro・FUJITA Tsutomu・NAGASAWA Takeshi・MAEDA Masato

キーワード：ハンドボール、間欠的運動、無酸素性作業能力、フィールドテスト

はじめに

ハンドボールは、両チームそれぞれ7名の選手が、ボールをパスやドリブルで相手陣地へ運び、相手ゴールに投げ入れてその得点を競う混戦型球技スポーツである¹⁾。走、跳、投の異なる動作を基本的な運動要素とし、この中に許された範囲での強い身体接触が混在してくる。すなわち、有酸素性作業能力も重要な体力要素ではあるが、ダッシュ、ターン、ジャンプ、シュート、身体接触といった無酸素的な高強度の体力要素が要求されるのである²⁾。田中ら^{3) 4)}は、ハンドボール競技について、激しい無酸素的な動きと緩やかで有酸素的な動きがランダムに混在する間欠的な運動特徴を有する競技であると述べており、ゲーム中の動きについて約85%が有酸素的動作、約15%が無酸素的な動作であったことを報告した。ゲーム中の平均心拍数は160 beats/minを超え³⁾、血中乳酸濃度は5~10mmol/Lを超える⁵⁾。当然のことながら、競技レベルやゲームの展開次第では動きに関するエネルギー供給系の比率は変化し得る。近年のルール改正に伴うゲーム全体のスピード化や、強い投動作、身体接触時の筋パワーの発揮を考慮すれば、高い無酸素性能力を間欠的に発揮する力がより必要になったであろうと推察される。坂井ら⁶⁾は、球技における体力的準備の最終目標として、間欠的ハイパワー発揮能力の向上を挙げており、チームの戦術構想はもとより、各選手の体力要素の優劣に応じたトレーニングの設定が求められている。

そこで本研究は、実践に近い形での無酸素性作業能力の評価法を検討することを目的とした。ハ

ンドボールコート内で行うことのできるフィールドテスト、すなわち、20m-30m-20m方向転換走に筋活動および投動作を加えて休息を挟む、といった間欠的運動課題を作成し、基礎的な走能力（無酸素性・有酸素性能力）および筋力との関連性を検討した。

方法

1 対象

対象者は平均年齢19.7歳（18-22歳）の鹿児島大学男子ハンドボール部の学生9名であった。その身体特徴を表1に示した。

表1 被験者の身体特徴

年齢	(歳)	19.7±1.3
身長	(cm)	172.6±5.8
体重	(kg)	69.5±8.3
体脂肪率	(%)	16.9±4.6
除脂肪体重	(kg)	57.4±4.6

数値は平均±標準偏差

測定は、2008年11月に鹿児島大学屋外球技場にて実施した。事前に本研究の目的、測定方法ならびに推測される運動課題のメリット（有効性）およびデメリット（危険性）などを十分に説明し、対象者の同意を得て測定を行った。なお、この対象者は2008年、2009年九州学生ハンドボールリーグ2部リーグに所属する選手で、1日約2.5時間、週に5日間の練習を継続して行っているものであった。

2 測定項目

a) 基礎的走能力・筋力測定

間欠的運動課題を負荷する前に、ハンドボールで必要とされる基礎的な走能力および筋力を測定した。内容は、運動時のエネルギー供給系に関する基礎的な考え方⁷⁾から、ATP-CP系評価としての短距離走 (40m)、ATP-乳酸系評価としての短中距離走 (400m)、ATP-酸化系評価としての中長距離走 (1600m) 及び、筋力評価として、ベンチプレスで1回反復できる最大重量：1 Repetition Maximum (BP1RM) とした。これらの測定は間欠的運動課題を開始する2週間前の記録会にて測定した。

b) 間欠的運動

間欠的運動とした運動課題を図1に示した。運動課題はA、B、Cの3つで構成した。内容は以下のとおりである。

＜A課題：方向転換走＞ 20m - 30m - 20mの方向転換走を全力にて行う。

＜B課題：抱え挙げ走＞ 自分の体重±3kgの範囲に設定された重り (重量調節された人間) を5

m抱え挙げて全力で走る。

＜C課題：ボールマートあて＞ 9m先のマト (縦40cm×横40cm) にハンドボール3号球を全力にて投球する (助走なし)。

A課題である方向転換走を最大努力にて走行した時間を測定し、走行タイムとした。被験者は続けてB課題へと移行し、自体重±3kg以内に調節されたヒト (重り) を5m抱え挙げて全力で走行した。その際、重りを抱え挙げる高さに関しては、重りが地面から離れるよう指示した。さらに、B課題終了直後にC課題へと移行し、ハンドボールを9m先のマトに向かって、助走なしで全力投球した。その際、マトに当たった的中回数を測定した。A、B、C課題は連続して行ったが、A課題のみ走行タイムとして測定し、B、C課題を行うのに要した時間の測定は行わなかった。

このような一連の運動を1分毎に8回行った。すなわち、1分以内にA、B、C課題をできるだけ早く終了させ、残りの時間を立位にて積極的に休息させるといふ、全力運動と不完全休息とを繰り返す間欠運動を連続して8セット負荷した。

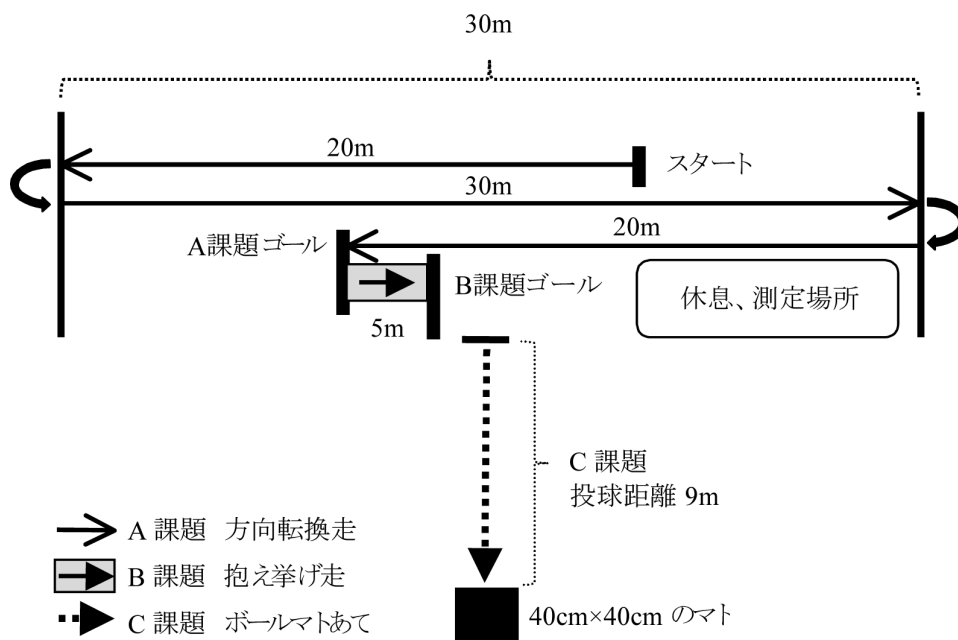


図1 フィールドテスト (運動課題)

c) 血液中乳酸濃度 (BLa) の測定

被験者がA, B, C課題を終えた直後、次の運動開始までの休息中に採血を行い、血液中の乳酸濃度 (BLa) を測定した。指尖より単回使用ランセットを用いて採血し、専用センサーに吸引させて、電極法 (Lactate Pro, ARKRAY) により計測した。運動前の安静時をコントロール (: CON) とし、運動時データとして間欠運動 2, 4, 6, 8セット目終了時にそれぞれ採血し、1人計5回のBLa濃度測定を行った。

d) 心拍数 (HR) および経皮動脈血酸素飽和度 (SPO2 %) の測定

Nellcor N-2 0 P Hand held Pulse Oximeter (NELLCOR Co. Ltd., Boulder, U. S. A.) を用いて瞬時心拍数 (HR beats/min.) および経皮動脈血酸素飽和度 (SPO 2 %) を測定した。間欠運動開始直前の安静時をコントロール (: CON) とし、運動時データとして各セット終了直後に、立位にて1人計9回のHR, SPO 2測定を行った。なお、本実験で用いた測定機器は容積脈波法および分光光度法を用いたものであり、感度、堅牢性、記録性という面から搬送用医療機器としても信頼性が高い報告を受けている。屋外スポーツ活動時の循環系把握に適したものと採用した。

3 分析および統計処理

実験データの分析は鹿児島大学教育学部保健体育科衛生学研究室にて行った。本研究で得られた数値は全て平均±標準偏差で示した。運動能力指標としては、A課題から走行タイムと、1セット毎の遅延時間を間欠的運動能力指標として評価し、C課題からハンドボール投球についての的中率を算出した。走行タイム (秒), 走行タイム遅延時間 (秒/セット), BLa (mmol/L), HR (beats/min), SPO2 (%), 的中率 (%) に関する平均値の経時変化については、一元配置分散分析および多重比較 (Bonferroni) を用いた。また、基礎的な走能力・筋力測定データと間欠的運動能力との関係を検討するために、Pearsonの積率相関係数を算出した。有意水準は全て $p < 0.05$ とした。統計ソフトはSPSS Ver. 12を用いた。

結果

基礎的走能力・筋力および間欠的運動能力の結果について表2に示した。

表2 基礎的走能力・筋力及び間欠的運動能力

(基礎的走能力・筋力測定)		
40m	(秒)	5.98±0.2
400m	(秒)	65.78±3.3
1600m	(秒)	377.44±18.3
BP 1RM*	(kg)	75.0±13.0
(運動課題A 方向転換走)		
走行タイム**	(秒)	14.36±0.6
走行タイム低下率 (%/セット)		1.06±1.4

* ベンチプレス 1 Repetition Maximum

** 全セットの平均タイム

基礎的走能力の平均値については、エネルギー供給系のATP-CP系評価としての40m走が5.98±0.2秒, ATP-乳酸系評価としての400m走が65.78±3.3秒, ATP-酸化系評価としての1600m走が377.44±18.3秒であった。筋力評価としてのBP 1RMは、75.0±13.0kgであった。40m走と400m走のエネルギー供給系は異なると考えられるが、無酸素性能力の指標としての相関性は高く ($r=0.831, p<0.01$), 有意な関連性がみられた。また、被験者の体重を考慮したBP 1RM/kg (Weight) の値では、同じATP-CP系運動と考えられる40m走との間で高い相関 ($r=0.734, p<0.05$) がみられたものの、400m走および1600m走の間には有意な関連性はみられなかった。ATP-酸化系評価としての1600m走の値は、40m走, 400m走およびBP1RMとの間に有意な関連性は認められなかった。一方、間欠運動能力指標とした方向転換走の走行タイムは14.36±0.6秒, 平均遅延時間は0.14±0.19秒/セットであった。

方向転換走時の平均タイム, BLa濃度, HR, SPO2の経時変化について図2から図4に示した。方向転換走のタイムは、5セットまで直線的に低下したが、その後の連続的低下はみられなかった。(図2)。

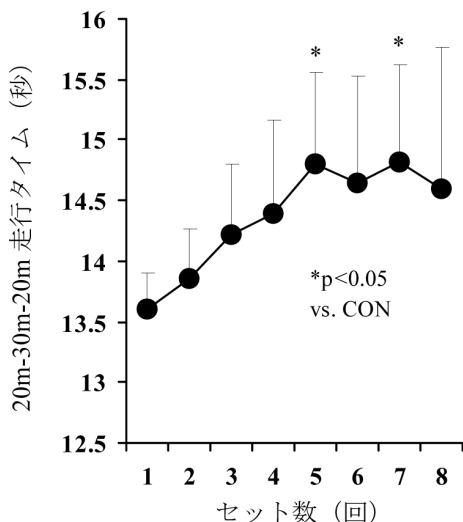


図2 方向転換走の遅延

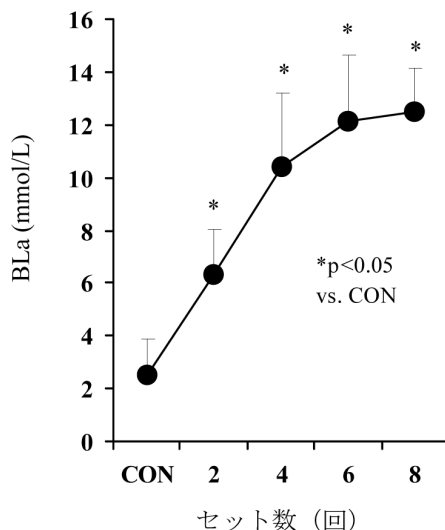


図3 間欠運動時のBLaの変化

また、BLa濃度も直線的な増加を示し、2セット終了毎に 6.3 ± 1.7 mmol/L、 10.4 ± 2.7 mmol/L、 12.1 ± 2.5 mmol/L、 12.5 ± 1.7 mmol/Lと有意な差をもって増加した(図3)。HRは、1セット終了時から急激に増加し、2セット以降180 beats/min 弱で推移した(図4)。SPO₂の値も緩やかな低下を示し、8セット終了時には 94.8 ± 3.4 %まで低下した。この値はCONに比べ有意な差が認められた(図4)。

方向転換走の走行タイムと基礎的走能力・筋力

の関連性を検討したところ、走行タイムと400m走タイムとの間に有意な相関関係がみられた($r=0.777$, $p<0.05$)。また、図5に示したとおり、走行タイム遅延時間と400m走タイムにおいても高い相関関係が認められた($r=0.903$, $p<0.01$)。走行タイムおよびその遅延時間と、40m走、1600m走、BP 1 RMの間には有意な関連性はみられなかった。一方、C課題から算出したハンドボール投げの中率においては、第1投目から第8投目までにおいて有意な差はみられなかった。また、

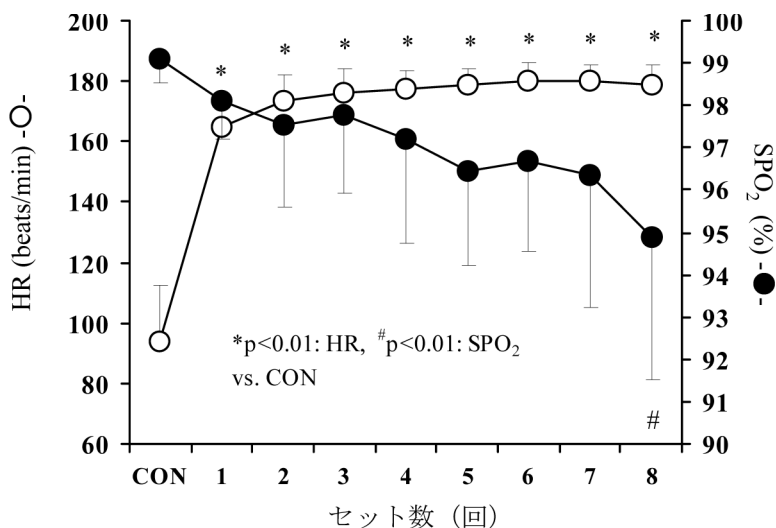


図4 間欠運動時のHR及びSPO₂

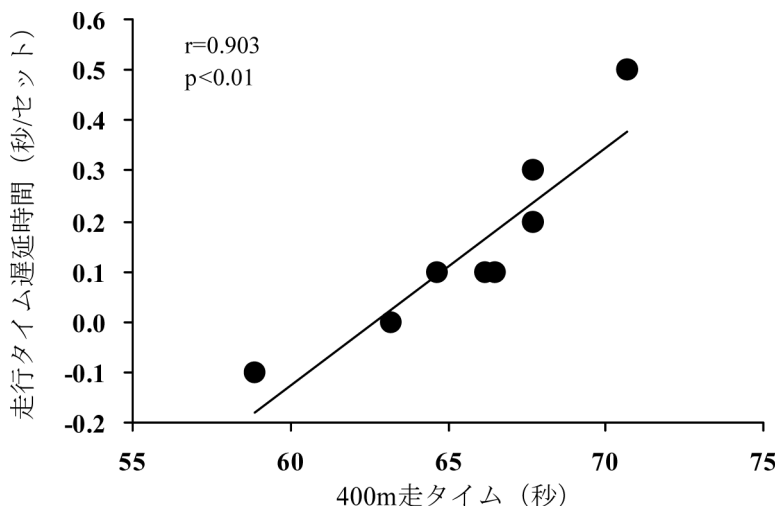


図5 400m走と走行タイム遅延時間の関係

この的中率と、走行タイム、HR、SPO₂及びBLaとの間に有意な関連性も認められなかった。

考察

本研究は、ハンドボールにおける実践的な無酸素性作業能力の評価法を検討することを目的とし、20m-30m-20m方向転換走に筋活動および投動作を加えて、休息を挟む、といった間欠的運動課題を作成した。その結果、この運動課題は、図2から図4に示した通り、血液中乳酸蓄積量や心拍上昇および動脈血酸素飽和度低下の程度などの循環系変化をみると、市村⁸⁾らが行ったトップハンドボール選手の自転車エルゴメータを使用した間欠運動や、20m-40m-20m方向転換走の結果と同様な高強度間欠運動であったと考えられた。そして図5に示した通り、方向転換走の走行タイムとその遅延時間は、無酸素性走能力と考えられる400m走タイムと有意な正の相関関係が認められた。すなわち、400m走のタイムが良いものほど、方向転換走のセット毎の遅延が少ないという結果であった。一方で、投動作による的中率と、走行タイム、遅延時間、HR、SPO₂及びBLaとの間には、有意な関連性は認められなかった。本実験においては、間欠的運動による全身的な疲労は、投球の的中率を低下させるには至らなかった。全力投球は指示したものの、疲労に伴って球

速を低下させ、コントロール性を重視しようとする意識が働いたのかもしれない。球速の測定も含めて今後の検討課題としたい。

間欠的な無酸素性パワー持続能力は、1セットの運動時間やセット間の休息时间などが関与し、有酸素性能力が高い方が優れていると報告されている^{6, 9, 10)}。休息中の有酸素性エネルギー供給系の働きがATP及びPCrの回復に関与することは明らかである^{11, 12)}。田中⁹⁾の研究でも、無酸素性運動8-9秒(40m往復走)、休息20秒程度の間欠運動を10セット繰り返した場合、走行タイム低下率は有酸素性能力と高い相関性を示したと報告されている。この実験プロトコルでの体力要素は、ATP-CP系、ATP-乳酸系エネルギー供給の影響を受けるものであるが、PCr回復が良いほどパフォーマンスが高いというラボラトリーテスト¹¹⁾を支持するものであろう。今回我々は、20m-30m-20m方向転換走に強い筋活動と投動作を加えた間欠運動を行った。運動時間は約20-30秒程度、途中に強い筋活動も含まれていたため、ATP-CP系とATP-乳酸系の要素が高く含まれると推測された。本プロトコルにおける間欠運動8セットの走行タイム及び遅延時間が400m走のタイムと高い相関性を示したことは、無酸素性エネルギー供給能力との関連性を示唆するものであろう。先行研究とは異なり、有酸素性能力との関

連性がみられなかったことは、セット数が8セットと少なかったこと、セット間の休息が40秒程度と長かったことも考えられる。また、従来行われてきた走動作のみの間欠運動に、筋活動や投動作を加えたことの影響かもしれない。ハンドボールでは、一つ一つの動きを高いパワーで行うことと、その高いパワーを持続して発揮する必要性がある。各選手のもつ無酸素的能力と有酸素的能力の比率は異なり、またチームの戦術によっても求められる体力要素のバランスが変わる中で、高めたい体力要素をよりの確に鍛錬できる体力トレーニングプログラムを作成することが重要となる。間欠的運動の種類、強さ、継続時間、休息時間を調節しながら、個人やチームにあったトレーニング課題を模索する上で、本研究の間欠的運動課題は、ハンドボールのゲーム特性を考慮した評価法の一つであると思われた。特に、無酸素性能力の評価法としての有用性と、解糖系能力、すなわち律速酵素であるPFK活性を発達させるようなトレーニングとしての可能性が示された。

まとめ

本研究は、ハンドボールにおける実践的な無酸素性作業能力の評価法を検討することを目的とし、20m-30m-20m方向転換走に筋活動および投動作を加えて、休息を挟む、といった間欠的運動課題を作成し、基礎的な走能力および筋力との関連性を検討した。その結果、方向転換走の走行タイムとその遅延時間は、無酸素性走能力と考えられる400m走タイムと有意な正の相関関係が認められた。筋活動および投動作を含む間欠運動8セットの走行タイム及び遅延時間は、無酸素性エネルギー供給能力との関連性を示唆するものであると考えられた。

参考文献

1. 日本ハンドボール協会編: ハンドボール指導教本 大修館書店, 東京, 1996
2. Rannou F, Prioux J, Zouhal H, Gratas-Delamarche A, Delamarche P: Physiological profile of handball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 41, 349-353, 2001
3. 田中守: 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本NTS2000, 日本ハンドボール協会編 64-68, 2000
4. 田中守, 樋口幸治, 溝岡賀子, 中根智子, 田中宏暁, 進藤宗洋: 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, 1-13, 1997
5. Delamarche P, Gratas A, Beillot J, Dassonville J, Rochcongar P, Lessard Y: Extent of lactic anaerobic metabolism in handballers. *Int J Sports Med*. 8, 55-59, 1987
6. 坂井和明, 水上一, 斉藤一人, John Sheahan, 高松薫: 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, 239-251, 2000
7. McArdle WD, Katch FI, Katch VL: *Exercise Physiology energy, nutrition, and human performance*, Lippincott Williams & Wilkins, USA, 1996
8. 市村志朗, 森口哲史: ハンドボール選手に適した間欠的運動能力評価法の検討 日本ハンドボール協会編 「ハンドボール」 493, 18-19, 2008
9. 田中守, 溝岡賀子, 半田信吾, 田中宏暁, 進藤宗洋: 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, 1997
10. Tomlin DL, Wenger HA: The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*. 31, 1-11, 2001
11. Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, Lakomy HK, Nevill AM: Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*. 15, 467-480, 1995
12. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S: Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*. 75, 712-719, 1993