

松 山 大 学 論 集
第 20 卷 第 2 号 抜 刷
2 0 0 8 年 6 月 発 行

ハンドボール競技における実業団選手と 高校選手の出力パワーの比較

林 恭 輔
高 橋 勝 美

ハンドボール競技における実業団選手と 高校選手の出力パワーの比較

林 恭 輔¹
高 橋 勝 美²

【緒 言】

スポーツ競技における筋力発揮は動的状況の下で行われることから、力と速度の積として表されるパワーが体力評価の指標として多く利用されてきた。このパワーは、筋の収縮力と収縮速度によってもたらされるが、筋の発揮するパワーを直接測定することは困難であるため、身体外部に働きかける力学的パワーによって評価されてきた。一回の筋収縮による単発的なパワーは、古くから垂直跳びを用いて評価されてきたし、走運動のように連続的な動作を繰り返しながら発揮するパワーは、主に自転車エルゴメーターを用いた機械的出力パワーによって評価されてきた。ところが、短時間の全力運動で発揮されるパワーの性質は、外的負荷条件や運動速度、運動様式などの条件によって異なるとされている^{9,10,22}) また、各スポーツ競技は競技時間や競技規則、競技場の広さなどの違いによって運動特性が異なり、その特性の違いが選手個々の身体的能力を特異的に発達させるとも考えられている。それゆえに、スポーツ競技選手の出力パワーの評価には、各スポーツ競技の運動特性に応じた測定条件の設定が必要である。

ハンドボールは、40×20mのコート内で、前・後半の各30分の攻防を行っ

1 松山大学

2 神奈川工科大学

て得点を競い合う競技種目である。この競技は、ダッシュ、フェイント、ジャンプやシュートなどの激しい動きと軽いランニング、歩行などの緩やかな動きが繰り返し行われる特徴をもつ。運動時間を考えると、一回の攻防は20~30秒程度であり、攻守入れ替わりには30m程度の短時間の激しい走運動が繰り返される。その中でも得点の行方を左右する場面では、フェイント、ジャンプやシュートなどのごく短時間の全力運動が行われるため、上肢および下肢の高い出力パワーが要求されると考えられる。

日本体育協会スポーツ医・科学研究報告^{14,18,19)}によれば、国内のハンドボール競技の競技力向上プログラムの中で、形態、筋力、無酸素性パワー、有酸素性パワー、敏捷性、瞬発力に着目した体力トレーニングと評価が行われている。1992年以降、男子日本代表チームでは、筋量の増大、筋力やパワーの向上とそれを持続的に発揮するための有酸素性能力の向上を体力的課題としてきた。しかしながら、体力の向上のための長期計画として、ジュニア期からのトレーニング方法に関して具体的な方向付けをするようなデータは十分に報告されていない。国際水準での競争を見据えれば、ジュニア期からのトレーニングプログラムの開発も欠かすことのできない課題であると思われる。ジュニア期の体力を明らかにすることは、スポーツタレントの発掘や長期的トレーニング計画を作成する上で有益な知見となるだろう。そこで本研究は、国内トップクラスのハンドボール競技選手を対象に、ハンドボール競技の運動特性を考慮した種々の測定方法を用いて、異なる年代の出力パワーの基礎データを得ることを目的とした。

【方 法】

被検者

被検者は、実業団選手16名(27±3歳)と高校選手11名(17±1歳)を対象とした。実業団選手は、日本ハンドボールリーグ男子1部の同一チームに所属するフィールドプレイヤーであり、高校選手は、全国高等学校ハンドボール

選手権に出場する同一チーム所属のフィールドプレイヤーであった。本実験は、それぞれのチームが国内の主要なタイトルを獲得するシーズンの直前に行われた。実験に先立って、被検者には測定の内容と危険性について十分な説明を行い、実験に参加する同意を得た。

手順と方法

本研究は、形態、単発的パワー、連続的パワーと連続的パワーの持続能力を測定した。形態測定は、運動後の血流変化による形態への影響を考慮して、すべての測定の最初に行った。被検者は、形態測定の後、ストレッチングや軽いランニングなどで個別にウォーミングアップを行い、測定機器に慣れるための練習を行った。各種パワー測定は無作為な順序で行った。ただし、筋疲労の影響を消去するために、各測定の間には十分な回復時間を設けた。

形態の測定項目は、身長、体重と皮下脂肪厚とした。皮下脂肪厚の測定には、超音波診断装置（SSD-500, Aloka 社製）を用いた。Bモード超音波画像は、腹部、利き脚の下腿前面部、利き腕の肩甲骨下部の三カ所から得た。撮影した画像から皮下脂肪厚を計測し、その値をもとに体脂肪率を推定した¹⁾。除脂肪体重は、推定した体脂肪率から体脂肪量を算出し、体重から体脂肪量を減じてもとめた。

単発的パワーは、上肢の腕伸展パワーと下肢の脚伸展パワーを測定した。測定には、等速性多関節筋力測定装置（kick & chest force, 竹井機器社製）を用いた。被検者は、測定項目に応じて背もたれと座面を設定した椅子に座り、骨盤まわりをベルトで固定した。動作開始の姿勢は両肘関節もしくは両膝関節が90度に屈曲した姿勢とし、伸展位に至るまで最大努力にて腕伸展もしくは脚伸展運動を行った。運動速度は、80cm/秒と120cm/秒の2種類を設定した。腕伸展運動および脚伸展運動は、各運動速度条件の下で、それぞれ3～5回実施した。腕伸展パワーと脚伸展パワーは、各試技中に発揮された機械的出力パワーのピーク値を記録した。分析対象には、試技回数の中で最も高い値を用い

た。

連続的パワーは、下肢の全力ペダリングパワーを測定した。測定には、自転車エルゴメーター（ハイパワーエルゴメーター、竹井機器社製）を用いた。全力ペダリングパワーは、一定荷重に抗して全力でペダリングしたときの機械的出力パワーを計測した。被検者は、最もペダリングしやすい高さにサドル高を設定し、足部をペダルクリップで固定した。運動開始の姿勢は最初に踏み込む脚の膝関節角度を90度とし、静止状態から4秒間の全力ペダリング運動を行った。被検者には、運動中にサドルから腰を上げないこと、ペース配分をしないで最大努力でペダリングすることを指示した。自転車エルゴメーターの荷重負荷は、ウィングートテスト⁶⁾を参考にして、体重の7.5%とした。自転車エルゴメーターの機械的パワーは、A/D変換器を用いて100Hzでサンプリングし、パソコンに記録した。分析対象には、記録したデータから算出した平均パワー、ピークパワー、ピークパワーの出現時間を用いた。

連続的パワーの持続能力の評価には、ハンドボールの競技特性を考慮して間欠的運動を用いた。間欠的運動は、上述した4秒間の全力ペダリング運動を26秒の休息をはさんで14回繰り返して行った。その中間（7回目と8回目の間）には、2分間（ハンドボールの退場時間）の休息を設定した。なお、2分間の休息以外は、自転車エルゴメーター上で休息をとった。データの処理は、連続的パワーと同様に、平均パワー、ピークパワー、ピークパワーの出現時間を試技ごとに算出した。また、試技回数を前半（1～7回目）、後半（8～14回目）および全体（1～14回目）に分け、各区間の平均パワーの低下率を算出した。低下率の算出には、各区間の始めと終わりのそれぞれ2回の試技の平均値を用いた。

統計分析

各測定によって得られた出力パワー値は、絶対値と体重当たりの相対値で表した。実業団選手と高校選手の形態および出力パワーの差の検討には、対応の

ない t 検定を用いた。

【結 果】

本実験に参加した被検者の身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重の平均値±標準偏差を表1に示した。高校選手と比較して、実業団選手の身長（4%， $p < 0.05$ ）、体重（15%， $p < 0.01$ ）および除脂肪体重（15%， $p < 0.01$ ）は有意に高い値を示したが、体脂肪率には差がみとめられなかった。

表1. 被検者の身体的特徴

	n	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)	除脂肪体重(kg)
実業団	16	184.6±6.4*	85.8±11.3†	17.3±3.0	70.7±7.4†
高 校	11	177.1±7.1	72.8± 9.0	17.3±4.2	60.2±7.6

* $p < 0.05$ † $p < 0.01$

単発的パワーの結果を表2と表3に示した。表2は、脚伸展パワーの平均値±標準偏差である。実業団選手の絶対値は80cm/秒の速度で1,555±237W、120cm/秒の速度で1,699±225Wであるのに対し、高校選手は80cm/秒の速度で1,250±158W、120cm/秒の速度で1,335±180Wであった。脚伸展パワーの絶対値は、運動速度に関係なく実業団選手の方が有意に高い値を示した（20-21%， $p < 0.01-0.001$ ）。しかしながら、体重あたりの相対値で脚伸展パワーを比較すると、両群間に有意な差はみとめられなかった。表3に示した腕伸展パワーの結果では、実業団選手の平均値±標準偏差は80cm/秒の速度で595±66W、120cm/秒の速度で663±105Wであり、高校選手は80cm/秒の速度で455±70W、120cm/秒の速度で470±76Wであった。腕伸展パワーの絶対値は、脚伸展パワーの時と同様に、実業団選手の方が有意に高い値を示した（24-29%， $p < 0.001$ ）。一方、体重あたりの相対値で腕伸展パワーを比較すると、脚伸展パワーの結果と異なり、実業団選手が高校選手よりも有意に高い値を示した（ $p < 0.05-0.01$ ）。脚伸展パワーおよび腕伸展パワーは、両選手群ともに、

表2. 異なる速度条件下での脚伸展運動におけるピークパワー値

	n	80cm/秒		120cm/秒	
		W	W/kg	W	W/kg
実業団	13	1,555±237†	18.4±2.8	1,699±225‡	20.2±3.1
高 校	11	1,250±158	17.2±1.6	1,335±180	18.4±1.7

† $p < 0.01$ ‡ $p < 0.001$

表3. 異なる速度条件下での腕伸展運動におけるピークパワー値

	n	80cm/秒		120cm/秒	
		W	W/kg	W	W/kg
実業団	15	595±66‡	7.1±0.9*	663±105‡	7.9±1.2†
高 校	11	455±70	6.2±0.4	470± 76	6.4±0.5

* $p < 0.05$ † $p < 0.01$ ‡ $p < 0.001$

運動速度が80cm/秒よりも120cm/秒のときに高い値を示した。

図1は、4秒間の全力ペダリング運動の1回目と14回目の試技のパワー曲線を示した。上段は、実業団選手の平均的なパワー発揮をする選手の一例である。1回目と14回目の試技では、運動開始約1秒後からパワー曲線に違いがみられた。14回目の試技は運動を開始して約1秒でピークパワーに達するのに対して、1回目の試技では運動開始2秒後あたりまで緩やかではあるがパワーは上昇し続けた。一方、下段に示した高校選手の場合は、1回目と14回目の試技のパワー曲線は近似していた。運動開始約1秒後までは急速にパワーの上昇がみられ、その後3秒以降まで徐々にパワーの上昇がみられた。高校選手のピークパワーは運動開始3秒以降にみられ、実業団選手とは異なるパワー曲線の型を示した。

図2は、4秒間の全力ペダリング運動中の平均パワーを試技回数ごとに示した。平均パワーの平均値±標準偏差は、高校選手の1回目が732±126Wであるのに対して、実業団選手は989±153Wと有意に高い値を示した(26%, $p <$

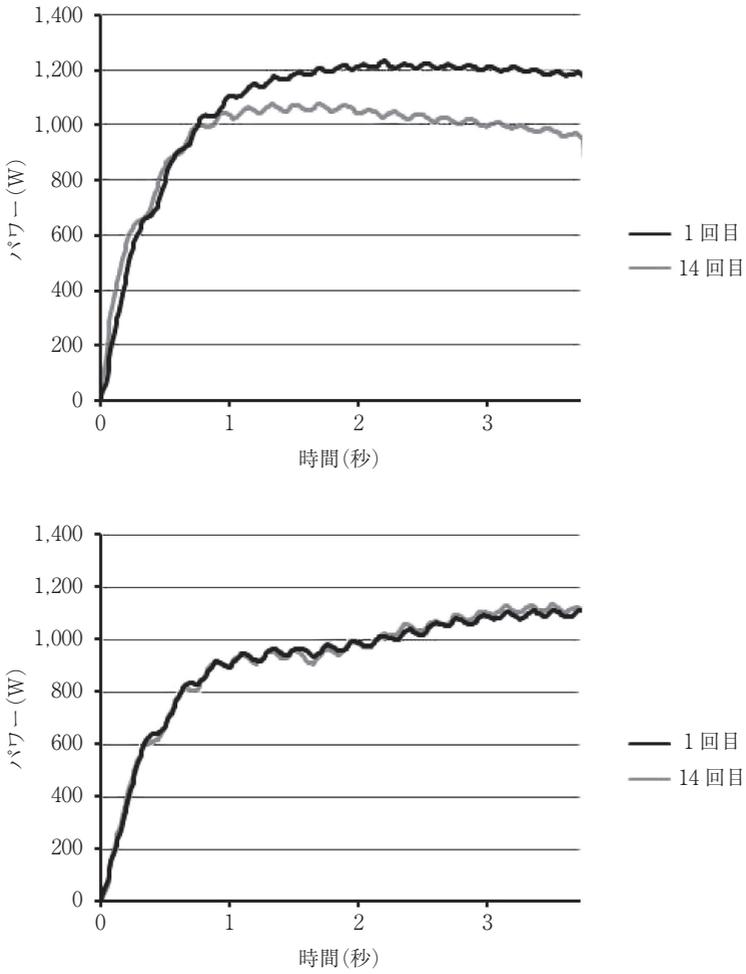


図1. 間欠的運動における1回目と14回目のパワー曲線の一例

上段：実業団選手，下段：高校選手を示す。各群の平均値に近い被験者を選択した。

0.001)。14回目も同様に、実業団選手は $881 \pm 120\text{W}$ であり、高校選手の $760 \pm 110\text{W}$ より有意に高い値を示した(14%, $p < 0.05$)。絶対値で比較した場合、平均パワーは、1回目から14回目までのすべての試技において、実業団選手の方が有意に高い値を示した。

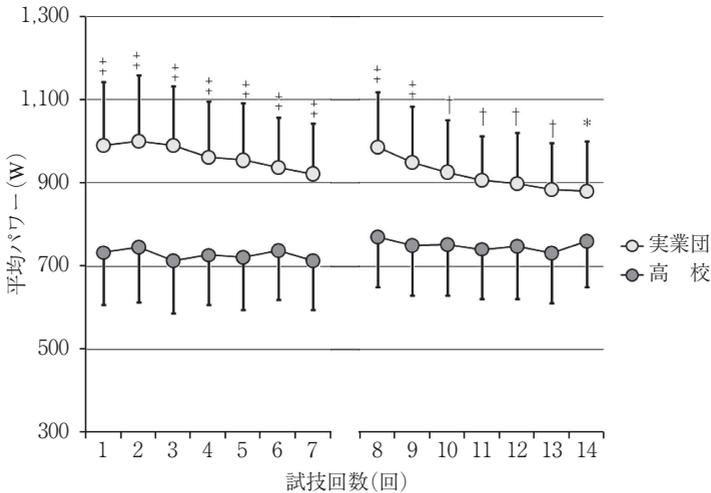


図2. 4秒間全カペダリング運動における各試技の平均パワーの比較

* $p < 0.05$ † $p < 0.01$ ‡ $p < 0.001$

平均パワーの低下率は、14回にわたる間欠的運動を前半(1~7回目)、後半(8~14回目)、全体(1~14回目)の区分に分けて算出した(表4)。実業団選手の低下率の平均値±標準偏差は、前半で $8.4 \pm 5.5\%$ 、後半で $11.4 \pm 4.7\%$ 、全体で $13.0 \pm 6.0\%$ であり、後半および全体の低下率が高い値を示した。一方、高校選手の前半、後半、全体の低下率は、それぞれ $6.7 \pm 6.6\%$ 、 $6.8 \pm 4.1\%$ 、 $3.8 \pm 7.0\%$ であった。高校選手の低下率は平均値に対して標準偏差が大きく、個人間の変動が大きいことを示した。また、試技回数を重ねてもパワーの低下が少ない傾向にあった。

表 4. 間欠的運動における平均パワーの低下率

	n	パワーの低下率		
		前半(%)	後半(%)	全体(%)
実業団	15	8.4±5.5	11.4±4.7*	13.0±6.0†
高校	11	6.7±6.6	6.8±4.1	3.8±7.0

* $p < 0.05$ † $p < 0.01$

体重を移動する能力を評価するために、体重あたりの相対値で平均パワーを比較した。図3に示すように、実業団選手の平均パワーの相対値は試技回数の少ない前半で高校選手より有意に高い値を示した ($p < 0.05-0.001$) が、10回目以降には統計的に有意な差はみとめられなかった。4秒間の全力ペダリング運動において、平均パワーを増大させる主要因は、ピークパワーが高いこととピークパワーに到達する時間が短いことの2点が考えられる。このことから、図4には4秒間の全力ペダリング運動のピークパワーを体重当たりの相対値で示し、図5にはピークパワーの出現時間を示した。ピークパワーの相対値の平均値±標準偏差は、実業団選手の1回目が $13.5 \pm 1.02 \text{ W/kg}$ であり、高校選手の $12.6 \pm 0.89 \text{ W/kg}$ より有意に高い値を示した (7%, $p < 0.05$)。2回目以降は統計的に有意な差がみとめられなかった。また、9回目以降のピークパワーの相対値は、高校選手が実業団選手の値を上回る傾向を示した。図5に示したピークパワーの出現時間の平均値±標準偏差は、高校選手が1回目で 3.38 ± 0.21 秒、14回目で 3.25 ± 0.23 秒であり、ほとんど変化がみられなかった。一方、実業団選手は1回目で 2.89 ± 0.71 秒、14回目で 1.97 ± 0.67 秒であり、ピークパワーの出現時間は試技回数を重ねるごとに短くなる傾向にあった。両群間のピークパワー出現時間を比較すると、1回目から14回目のすべての試技において、実業団選手の方が有意に短い値を示した ($p < 0.05-0.001$)。

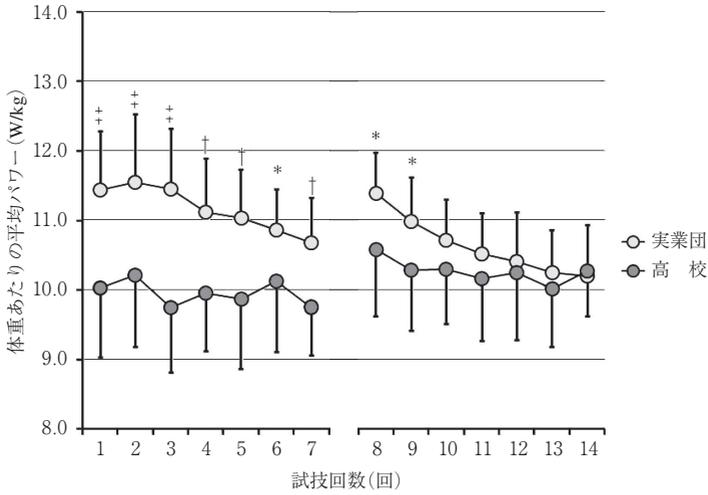


図3. 4秒間全カペダリング運動における各試技の体重あたりの平均パワーの比較
 * $p < 0.05$ † $p < 0.01$ ‡ $p < 0.001$

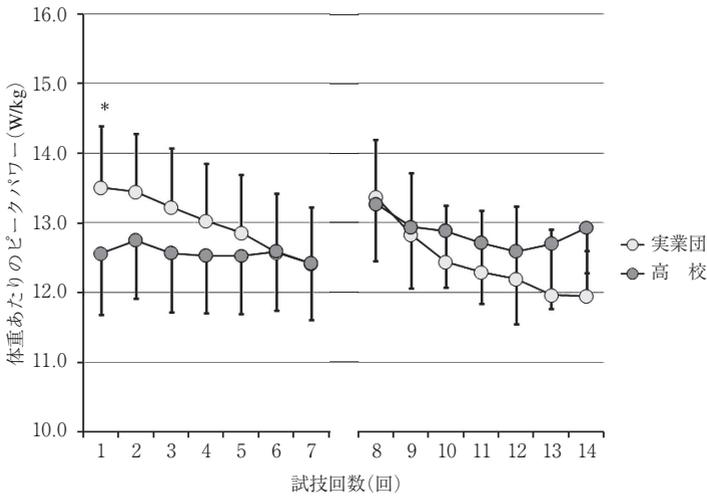


図4. 4秒間全カペダリング運動における各試技の体重あたりのピークパワーの比較
 * $p < 0.05$

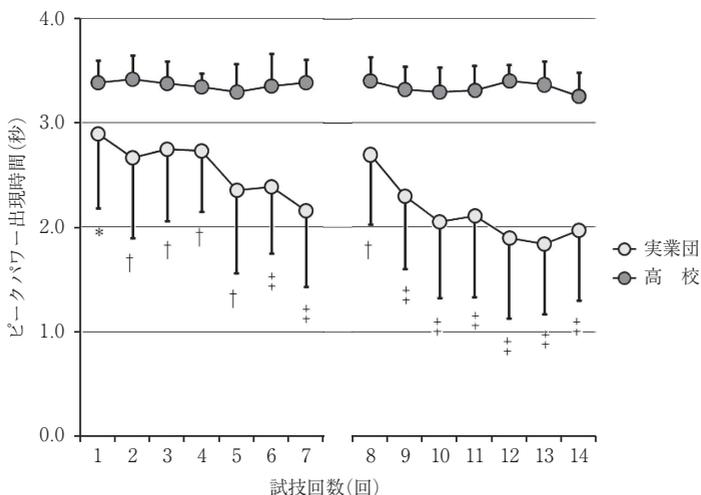


図5. 4秒間全カペダリング運動における各試技のピークパワー出現時間の比較
 * $p < 0.05$ † $p < 0.01$ ‡ $p < 0.001$

【考 察】

腕伸展パワーと脚伸展パワー

単発的パワーは、1回の筋収縮によって発揮できるパワーのことである。パワーを発揮する運動様式から考えると、単発的パワーは、ジャンプやボールの球速、急激な方向転換などの能力に反映されると思われる。Gorostiaga ら³⁾は、スペインリーグのハンドボール競技選手を対象に、4種類の重力負荷をかける方法で脚伸展パワーと腕伸展パワーを調査した。その結果、軽い負荷条件下で発揮される腕伸展パワーが球速と正の相関関係にあることを報告している。また、トップクラスの選手と二部リーグの選手の間には、腕伸展パワーで20%、脚伸展パワーで16%の差があるとしている。一方、日本国内のハンドボール競技選手の筋力を比較した研究¹³⁾によれば、握力や全身の総括的な筋量の指標とされる背筋力には、日本代表選手と大学トップクラスの選手の間に

有意な差がみとめられている。しかしながら、いずれの報告でも筋力やパワーを体重あたりの相対値で比較したとき、競技成績の上位群と下位群の能力の差はなくなると報告している。

本研究において、脚伸展パワーは運動速度に関係なく実業団選手が高校選手に比較して約20%高い値を示したが、体重あたりの相対値で比較すると両群間に有意な差はみとめられなかった。これらの結果は、先行研究の報告と類似するものであった。このことから、国内トップクラスのハンドボール競技選手であれば、体重あたりの脚伸展パワーは高校選手の段階で実業団選手と同水準に達していることが明らかになった。

一方、腕伸展パワーでは、実業団選手が高校選手に比較して約24~29%も高い値を示し、体重あたりの相対値でみても両群間に有意な差がみとめられた。この結果は、普段から体重を支えて活動している下肢筋群にくらべ、ボール投げなど使用する頻度の低い上肢筋群では競技レベル間のパワーの差がより明確になることを示唆している。また、体重あたりの腕伸展パワーにみられた両群間の差は、速筋線維の発達の違いに代表される筋の質的な違いによるものか、もしくは体重に占める上肢筋量の割合の違いによるものと考えられた。

全力ペダリングパワーと間欠的運動能力

自転車エルゴメーターを用いて測定した連続的パワーは、脚を交互に連続して動かすことから走運動の能力の評価に深く関わるとされている。これまで全力ペダリングパワーは、スプリント能力を評価する指標として広く用いられてきた。本研究の4秒間全力ペダリング運動の繰り返し（間欠的運動）は、ハンドボールフィールドコート内（30m程度）のスプリント走の反復を想定している。4秒間の全力運動は、エネルギー供給機構の側面から考えると、主にATP-CP系（無酸素性のエネルギー供給能力）に依存したパワーが発現する。そしてこの運動を間欠的に持続する場合は、試技回数数の増加にともない有酸素性のエネルギー供給能力の影響もうけるといわれている^{2,20,21}。本研究の結果によれ

ば、体重を移動させる能力を表す平均パワーの相対値では、1回目から9回目まで実業団選手の方が高校選手より有意に高い値を示し、10回目以降に統計的に有意な差はみとめられなくなった。したがって、間欠的運動の前半にベダリングパワーの高い実業団選手は、高校選手に比べてATP-CP系の無酸素性エネルギー供給能力に優れていると推察された。一方、10回目の試技以降の平均パワーの相対値に差がみられなくなったことは、高校選手の平均パワーが試技を繰り返してもほとんど低下せず、実業団選手の平均パワーは後半になるにしたがって著しく低下したことに起因していた(表4)。短時間の全力運動を繰り返す能力は、ホッケーやサッカーといったゲーム型のスポーツ競技選手にとって重要な体力要素といわれている¹⁵⁾ Hamiltonら⁵⁾は、6秒間のトレッドミルスプリント走を30秒の休息をはさんで10回繰り返し行かせたところ、ゲーム型のスポーツ競技選手は、長距離走選手に比較して走速度が速く、また速度低下が著しいことを報告している。このことから、間欠的運動の後半における実業団選手の著しいパワー低下は、ゲーム型であるハンドボール競技選手の特異的な体力特性を示していると考えられ、この特異性は高校選手の段階ではみられなかったといえる。

実業団選手の平均パワーの相対値が間欠的運動を繰り返すことによって減少する理由として、4秒の短時間運動の場合、ピークパワーの相対値の低下とピークパワーの出現時間の遅延が影響すると考えられる。ピークパワーの相対値を比較すると、1回目の試技にのみ高校選手と実業団選手の間に有意な差がみとめられた(図4)。一方、ピークパワーの出現時間を比較すると、すべての試技において、実業団選手の方が高校選手より有意に短い値を示した(図5)。高校選手のピークパワーの相対値や出現時間は、間欠的運動の試技回数が増えても大きな変化はみられなかったのに対し、実業団選手は、ピークパワーの相対値が低下し、ピークパワーの出現時間が短縮していた。つまり、実業団選手の平均パワーが減少していくとき、ピークパワーの出現時間は、遅延するのではなく短縮する結果となった。したがって、間欠的運動に伴う実業団選手の平

均パワーの相対値の減少は、ピークパワーに達する時間よりもピークパワーの低下による影響が強いと考えられた。

実業団選手と高校選手のピークパワーの出現時間の違いは、図1に示したパワー曲線でも観察することができる。実業団選手は、運動開始直後にパワーの急激な上昇がみられ、高校選手よりも短い時間でピークパワーに達している。この現象は、ピークパワーの相対値に統計的に有意な差がみとめられなくなる間欠的運動の14回目でも同様に観察された。自転車エルゴメーターによる機械的出力パワーの測定は、荷重負荷を一定にしてクランクの回転速度を計測する。すなわち、計測値から算出されたパワー曲線は、力が一定であるために速度曲線として捉えることもできる。そのため、ピークパワー出現時間の短いことは、ピーク速度に達する時間が短いことを意味しており、走運動などの動き出しが速いとみなすことができる。間欠的運動の10回目以降、両群間の平均パワーの相対値に統計的に有意な差はみとめられなくなったが、初動の視点から、実業団選手の方が間欠的運動の後半においても体重を移動させる能力に優れていると推察された。

ハンドボール競技選手のジュニア期の出力パワー

ハンドボール競技の基本的な運動には、走・跳・投動作が含まれており、様々なタイミングでそれらの素早い動作が遂行されなければならない。また、この競技にはある程度の身体接触が認められているため、相手を振り切ってシュートをしたり、ゴールに向かってくる相手を身体に当てて阻止したりする能力が必要になる。つまり、自分の体重を操作する筋力やパワーだけでなく、相手に負けない絶対量として筋力やパワーが必要になる。本研究で測定したパワーの絶対値をみると、すべての出力パワーにおいて実業団選手の方が優れた能力を有していた。また、形態測定の結果(表1)から、実業団選手は、身長や体重、除脂肪体重が大きく、身体の大きいことは明らかであった。このことは、パワーの絶対量や身体の大きさがハンドボール競技成績を左右する要因の一部であ

ることを示唆している。

ハンドボール競技選手の全力ペダリングパワーについて、Rannouら¹²⁾は、ウィングテストを用いて最大無酸素性パワーを測定した結果、インターナショナル選手は $1,172 \pm 47W$ であったと報告している。また、斉藤ら¹³⁾は、日本代表選手と大学トップクラスの選手を対象に、体重の7.5%の負荷をかけて40秒間の全力ペダリング運動を行ったときのピークパワーを測定している。1992年の測定時、日本代表選手は $1,000 \pm 110W$ であり、大学トップクラスの選手は $889 \pm 95W$ であったと報告している。本研究では、間欠的運動の1回目の試技のピークパワーが、実業団選手で $1,165 \pm 152W$ 、高校選手で $915 \pm 133W$ であった。従来の報告を踏まえて考えると、国内トップクラスのハンドボール競技選手に必要な無酸素性パワーは、全力ペダリングパワーで評価した場合、実業団選手で $1,000W$ 以上が目安になるとと思われる。また、実業団選手の数値を基準にして、大学選手は9割、高校選手は8割程度が体力的トレーニング目標値となるだろう。

宮丸⁸⁾は、15~17歳の男子高校生134名を対象に、異なる3種類の負荷で全力ペダリングを行う方法を用いて最大無酸素性パワーを算出している。その中で男子高校生の最大無酸素性パワーの平均値は、 $766 \sim 823W$ であり、体重あたりにして $12.5 \sim 12.8W/kg$ の範囲にあったと報告している。本研究で対象とした高校トップクラスのハンドボール競技選手の場合、4秒間全力ペダリング運動のピークパワーの平均値は、 $915 \pm 133W$ であり、体重あたりにして $12.6 \pm 0.89W/kg$ であった。この結果から、高校生の中でも国内トップクラスのハンドボール競技選手は、全力ペダリングパワーの絶対量が大きく、高校生の段階で既に出力パワーに優れた選手が選抜されていると考えられた。

一般的にパワーの絶対値が高いことは、筋の収縮力と収縮速度のいずれか、もしくは両方に優れていると考えられる。筋の収縮力は太さに、筋の収縮速度は長さや反応速度などに関係していることから、パワーの絶対値の向上には形態的・機能的発達は欠かせないものと考えられる。男子の発育について、身長

の急速な発育は14歳前後に起こるといわれている¹⁶⁾。身長発育速度曲線のピーク値発現以後は、成長ホルモンより性ホルモンの分泌が優位になり、筋量が増加し、筋力やパワーを増大させる至適時期と考えられている。とりわけ、この時期は速筋線維の発達が著しいため、30秒間の全力ベダリング運動でも、ピークパワーが増大し、パワー曲線の立ち上がりが速くなり、さらには減衰も大きくなるといわれている¹¹⁾。速筋線維は、ATP分解速度が速いために収縮速度が速く、出力パワーが高くなる。対照的に、遅筋線維は出力パワーが低く、パワーの持続性に優れた能力を有している⁷⁾。本研究の間欠的運動において、高校選手は実業団選手よりもピークパワーの出現時間が遅く、平均パワーの低下率が少ないという特徴を示した。これらの原因は、高校選手の出力パワーに対する速筋線維の関与の少ないことが影響していると推察された。

ジュニア期の筋力トレーニングについて、Gorostiagaら⁴⁾は、14~16歳のハンドボール競技選手を対象に高負荷での筋力トレーニング効果について調査している。その中で週5~6回のハンドボールトレーニングは、ジャンプ力や走持久力を向上させるが、それに週2回の筋力トレーニングを加えると、球速や上・下肢の筋力の向上はあってもジャンプ力や走持久力の向上はみられないと報告している。このことは、ジュニア期の高負荷での筋力トレーニングが、ハンドボール競技選手に必要な無酸素性パワーや有酸素性能力に対して負の影響を与えることを示唆している。高負荷でのトレーニングは、運動速度を必然的に低下させるため、ハンドボール競技に必要な出力パワーの向上に貢献しなかったとも考えられるだろう。高松¹⁷⁾は、球技型スポーツ競技選手の身体的能力のトレーニングについて、高校生期から専門的な身体的能力を高めていくことを提案している。すなわち、無酸素性パワーや筋力といった身体的能力トレーニングは、スポーツ競技の運動特性に合わせた運動時間、運動様式等の中で行う必要性を述べている。近年、身体が大きくよりパワフルな選手がハンドボール競技に有利とされ、パワーの絶対量を高めるために筋量を大きくすることが求められている。しかしながら、高校生期以降には筋量の増大を目的とし

た筋力トレーニングのみならず，運動速度や運動様式などのハンドボール競技の特異性を考慮したパワートレーニングを行うことが望ましいと考えられた。

引用文献

- 1) 安部孝, 福永哲夫 (1995) 日本人の体脂肪と筋肉分布. 杏林書院, 東京
- 2) Gaitanos, G. C., C. Williams, L. H. Boobis and S. Brooks (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75: 712-719
- 3) Gorostiaga, E. M., C. Granados, J. Ibanez and M. Izquierdo (2005) Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int. J. Sports Med.* 26: 225-232
- 4) Gorostiaga, E. M., M. Izquierdo, P. Iturralde, M. Ruesta and J. Ibanez (1999) Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 80: 485-493
- 5) Hamilton, A. L., M. E. Nevill, S. Brooks and C. Williams (1991) Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *J. Sports Sci.* 9: 371-382
- 6) Inbar, O., O. Bar-Or and J. S. Skinner (1996) The wingate anaerobic test, Human kinetics, Champaign
- 7) 金子公宥 (1988) パワーアップの科学. 朝倉書店, 東京
- 8) 宮丸凱史 (2001) 疾走能力の発達. 杏林書院, 東京
- 9) 村松茂, 川上正人, 野坂和則, 木島晃 (1992) 男子大学生の等速性脚筋力と最大無酸素性パワー, 疾走および跳躍能力. 日本体育学会神奈川支部紀要 25: 7-11
- 10) 沼澤秀雄, 船渡和男, 松尾彰文, 川上泰雄, 金久博昭, 福永哲夫 (1991) 種々の動作様式によるパワー発揮能力の種目特性. *トレーニング科学* 3: 51-57
- 11) 小澤治夫 (2004) 中学生におけるレジスタンス・トレーニングの効果. *体育の科学* 54: 446-451
- 12) Rannou, F., J. Prioux, H. Zouhal, A. Gratas-Delamarche and P. Delamarche (2001) Physiological profile of handball players. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 41: 349-353
- 13) 斉藤慎太郎, 北川勇喜, 松井幸嗣, 阿部徳之助, 坂井美浩, 竹内正雄 (1997) ハンドボール競技における全日本代表選手と学生トップレベル選手の体力比較. *運動とスポーツの科学* 2: 1-6
- 14) 斉藤慎太郎, 久木文子, 竹内正雄, 高橋勝美, 蒲生晴明, 森田俊介, 田中守, 西山逸成 (1999) 男・女ナショナル選手の体力測定結果から見た運動処方方向. 平成 11 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 競技種目別競技力向上に関する研究, ハンドボール: 30-36

- 15) Spencer, M., S. Lawrence, C. Rechichi, D. Bishop, B. Dawson and C. Goodman (2004) Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J. Sports Sci.* 22: 843-850
- 16) 高石昌弘, 宮下充正 (1977) スポーツと年齢. 大修館書店, 東京
- 17) 高松薫 (1992) 体力・運動能力からみたスポーツタレントの発掘法—球技スポーツの場合—. *Jpn. J. Sports Sci.* 11: 716-724
- 18) 田中守 (1992) 男子ナショナル選手の体力測定結果とトレーニング処方の方角. 平成4年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, 競技種目別競技力向上に関する研究, ハンドボール: 35-42
- 19) 田中守, 西山逸成, 竹内正雄, 光島良正, 阿部徳之助 (1995) 男子ナショナル選手の1995年度体力測定結果及び3年間の体力トレーニング成果. 平成7年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 競技種目別競技力向上に関する研究, ハンドボール: 30-36
- 20) Tomlin, D. L. and H. A. Wenger (2002) The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *J. Sci. Med in Sport* 5: 194-203
- 21) 山本正嘉, 金久博昭 (1990) 間欠的な全力運動の持久性に関する研究. *Jpn. J. Sports Sci.* 9: 527-530
- 22) 山本利春, 山本正嘉, 金久博昭 (1992) 陸上競技における一流および二流選手の下肢筋出力の比較. *Jpn. J. Sports Sci.* 11: 72-76

注) 本研究で使用した測定機器は, 神奈川工科大学より借用した。共同研究の役割分担は, 林恭輔が各種パワーの測定および分析を担当し, 高橋勝美が形態の計測および分析を担当した。