

氏名(本籍)	山口 雄 大 (青森県)
学位の種類	博士(体育科学)
学位記番号	甲第120号
学位授与年月日	令和5年3月15日
学位授与の要件	文部科学省令学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	自転車ペダリング運動のスキルに関するバイオメカニクスの研究
審査員	主査 日本体育大学 教授 西 山 哲 成 副査 日本体育大学 教授 阿 江 通 良 副査 日本体育大学 教授 杉 田 正 明

《論文審査結果の要旨》

自転車ペダリング運動を用いた体力評価は様々な領域で幅広く使われている。これらの研究の多くは、機械的クランクパワーを用いて評価しているが、この方法は人がペダルに対して発揮した仕事を正しく反映しないことがわかっている。この原因として、機械的クランクパワーは、左右のクランクパワーの合計で求められ、かつ、サイクリストであっても定常ペダリング中の引き上げ局面では負のクランクパワーが発生し、さらには、この負のクランクパワーの発生は、その分の対側での正のクランクパワー発揮を必要とするためである。また、ペダリング運動における動作の個人差は小さいけれどもスキル差は存在する。これらの影響によって従来のペダリング運動を用いた体力評価方法は妥当ではない評価をする場合があり、ペダリング踏力、およびスキルを考慮した体力評価方法を考案する必要があると考えられる。

本研究の目的は、より客観的なペダリング運動を用いた体力評価方法を検討するために、機械的クランクパワーと人が発揮したクランクパワーを定量化し、これらより求めた持久的運動能力の評価値の差、および、それが個人のペダリングスキルにどの程度影響されるかを調べることに、また、ペダリングスキルの力学的特徴における個人差を調べ、ペダリングスキルを考慮した体力評価方法を確立するために簡易的なスキル評価方法を開発することとした。

2章では、先行研究より、ペダリング運動を用いた持久力に関する生理学的指標、および、力学的ペダリングスキル指標やそれらのメカニズムについて詳細に概説し、前述の研究目的を遂行するための研究課題1-3を抽出した。

3章(研究課題1)では、「機械的クランクパワーは人が行った正味の仕事を過小評価し、その程度はペダリングスキルの影響を受ける」か否かを調べるために漸増負荷テストによる持久系運動能力の評価を行った。自転車競技選手20名を対象にペダリング運動中の左右クランクパワーを計測し、従来より用い

られてきた機械的クランクパワー ($P_{\text{Mechanical}}$), および左右クランクの正パワーの和から人が行った正味のクランクパワー (P_{Net}) を求めた. その結果, P_{Net} は $P_{\text{Mechanical}}$ に対して高値を示し, $P_{\text{Mechanical}}$ を用いて持久系能力を評価した場合には, 高強度運動では9%, 低強度運動では約57%も過小評価することが示された. また, $P_{\text{Mechanical}}$ に対する P_{Net} の割合 (P_{Excess}) には明らかな個人間差があり, ペダリングスキルを考慮した体力評価方法の検討が必要であることが示唆された.

4章(研究課題2)では, 自転車競技選手15名を対象に定常ペダリング運動 ($80\% \dot{V}O_{2\text{peak}}$, 90rpm) を行わせ, 優れたペダリングスキルの特徴について検討した. その結果, クランク角 $40 - 100^\circ$ 付近で股関節伸展モーメントを大きく発揮することで, 踏み込み局面中盤での膝関節伸展(屈曲)モーメントが抑制(助長)され, 結果的に引き上げ局面でみられるクランクの回転を妨げる力 (T_{NEF}) が抑えられることが示された. この結果から, ペダリングスキル改善においては, 従来より脚の引き上げ動作の強調が重要であるとされてきたが, 踏み込み局面中盤までの股関節モーメント発揮が重要であることが示唆された.

5章(研究課題3)では, サイクリストと一般成人男性の計28名を対象に, ペダリングスキルを簡易評価する方法について検討した. 本研究で考案した高ケイデンステストにより安定して維持できる最高ケイデンス (C_{max}) と力学的ペダリングスキル指標 (IFE (4章)) の間に相関関係がみとめられた. サイクリストのみを対象にした場合には有意な相関関係はみとめられなかったが, C_{max} は一般成人男性やビギナーサイクリストのペダリングスキルを推定することが可能であり, ペダリングスキルの縦断的な評価に有効な手段であると考えられた.

本博士論文では, 自転車ペダリング運動による体力評価で広く用いられている機械的クランクパワーは, 実際に人が発揮したパワーを過小評価することを明らかにし, ペダリングスキルを考慮した体力評価方法の検討が必要であることを示した. また, 優れたペダリングスキルの特徴として, 踏み込み局面による股関節伸展, ならびに膝関節屈曲モーメントの発揮が重要であることを示し, ペダリングスキル改善の新たな指針を示した. さらには, 本研究で考案した最高ケイデンス測定を用いてペダリングスキルを簡易推定する方法が開発された. この方法により熟練サイクリストの評価においては検討の余地があるもののペダリングスキルの縦断評価が可能になり, かつ, ペダリングスキルを考慮した, より適切な体力評価方法を開発するために有用な基礎所見が提供された. 本研究は国際誌, 国内誌各一編を基にしたものであり, 関連する別の1編は国際誌の審査中であり, 当該専門領域においても学術的価値が認められており, ペダリング運動を用いた幅広い関連領域の研究の発展に寄与する研究であると考えられる.

以上のことから本論文は博士(体育科学)にふさわしいと判断された.

審査会においては, 山口氏から学位論文に関するプレゼンテーションが行われた後, 質疑応答が実施された. 審査員からは, 本論文におけるペダリングスキルの定義, 解釈について, また, 分析データとして用いた踏力変数の意義, 最高ケイデンスの測定値に与えるスキル以外の要素の関与, 左右脚による

正負の踏力についての解釈等，多岐にわたる質問がなされたが，いずれの質問にも適切に回答がなされ，山口氏が博士(体育科学)にふさわしい学力・能力を有していることが確認された。

以上，審査の結果，山口雄大氏は博士の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

《最終試験結果》

合格 ・ 不合格

2023年1月16日