九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

ヒトの作業能力の評価法に関する研究 : 自転車運動におけるパワーと運動継続時間直角双曲線関係から推定される一定値パラメータ(W´)の生理的規定要因

三浦, 朗

https://doi.org/10.11501/3168349

出版情報：九州芸術工科大学, 1999, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

第5章

まとめ

ヒトの作業能力を評価しようとする場合には，有酸素性および無酸素性エネルギー供給機構を反映するような指標をあわせ用いて定量化することが望ましい．第1章で述べたように．有酸素性作業能力の評価法としてはすでに広く用いられている指標がいくつかあるにもかかわらず，無酸素性作業能力を定量化する簡便で妥当性のある測定法は見あたらない．無酸素性作業能力の評価が立ち後れた最大の理由は，それを捉える方法が確立していないからに他ならない．先人達がさまざまな方法を用いて捉える努力を積み重ねてきたにもかかわらず，現在でも，決定打となる指標は見いだされていない．

そのような問題意識を抱える中で，発揮パワーと運動継続時間の間に直角双曲線関係が成立すると言うことに着目した．生体の運動時の生理的負担は，エネルギー論でとらえた発揮パワーとは比例的な関係になっていないという点は極めて興味深い．いいかえると，この発揮パワーと運動継続時間の関係は，いずれ，あるパワーの値に漸近していくという性質を有しているということである．たとえば，若い健康な男性で，50W の自転車駆動運動であれば，1 時間程度の運動は，なんら疲労を伴うことなくこぐことができる．この一定負荷強度の設定を仮に，100W，150W さらに 180W と増加させていくと，いずれは，こぎ続けられない

強度に行きあたるであろうことは容易に想像が付く．そこで再度，強度をそのこぎ続けられない強度の少し下に設定すると，比較的長時間こぐことができる．このことは，本研究を行い始めた当初，筆者が確認してみたことである．すなわち，この設定強度，つまり発揮パワーと運動継続時間の関係は，ある程度の長時間にわたってなんとかこぎ続けることが可能な強度に漸近していく性質のもので，少なくとも，一次回帰で近似されるモデルではないことが確認される．

繰り返し述べてきたように，この直角双曲線モデルから得られるパラメータはふたつあり，ひとつは漸近線θ_Fで，理論的にはある程度の長い時間にわたって運動が継続可能な上限の運動レベル値「クリティカルパワー」を意味し，もうひとつは，カーブの脹らみを決める一定置パラメータ W'で，その漸近線レベルの上でなすことができる有限で一定のエネルギー容量（適切な用語が存在していない）を反映する．

しかも，θ_F，すなわちクリティカルパワーは第１章で述べたように，すでに多くの先行研究によってその生理的規定要因が明らかにされており，信頼のおける指標としてスポーツ現場で応用されつつある．古くから用いられてきた最大酸素摂取量や近年では無酸素性作業閾値が，持久性運動能力を予測する優れた指標としてスポーツのトレーニング場面や，一般人の体力の把握に広く用いられているが，本論で示したパワーと運動継続時間直角双曲線関係から推定されるθ_Fは，それらとは違った新たな運動強度領域の認識という点で意味のある指標である可能

性が高い．θ_F は，理論的には時間無限大に運動できる上限の運動強度を意味している．このことは入力側のエネルギー供給系から考えると，生体にとって不利な支障を生じないエネルギー供給系である酸化系による供給パワーの上限を意味する無酸素性作業閾値と一致するものと考えられる．しかし，実際には，θ_F の運動強度は無酸素性作業閾値よりも明らかに高い運動レベルを示す．θ_F は，個体差はあるものの無酸素性作業閾値と最大酸素摂取量のほぼ中間に存在し，新たな作業閾値の存在を意味し，「クリティカルパワー」あるいは「疲労性作業閾値」と命名されるように「有酸素性作業能力の上限にあたる臨界運動強度」あるいは「疲労をともなうことなく運動継続可能な上限の運動強度」という極めて有用な作業能力指標であると考えられる．

ところが，W'は未だ，適切な名称すらなく，その生理的規定要因に言及した報告は見あたらない．W'は，その単位がエネルギー量であり，しかも一定であることから，運動初期の酸素不足に対応するパラメータであることが想定され，筋内のグリコーゲンや ATP および PCr の含有量，体内の O_2 貯蔵量といったエネルギー源の量的側面に関わるパラメータに相当すると仮説される．

そこで本研究では，まず，W'の生理的規定要因を明らかにすることを目的として，仮説される上記の 3 つの要因の中から作業筋内のグリコーゲン貯蔵量と PCr 貯蔵量をとりあげ，人為的にあらかじめ増加もしくは減少させる操作を行い W'への影響を調べた．もし，グリコーゲンと PCr の人為的な増減操作によって

W'が同様に増減するのであれば，筋内の主たる無酸素性のエネルギー基質が W'の生理的規定要因となり，W'の無酸素性作業能力の指標としての傍証となる．また，エネルギー基質の量的側面を反映すると考えられる筋量に着目し，筋量の代用の指標として，自転車運動における作業筋である大腿部筋横断面積を求め，これと W'の関係を検討した．

第２章「パワーと運動継続時間関係から推定される一定値パラメータ（W'）に及ぼすクレアチン経口摂取の影響」では，Cr の経口摂取により筋中の PCr 含有量を増加させた際の P-t 直角双曲線関係の検討を行い，W'への影響を検討した．結果をまとめると，すでに広く効果が認められているプロトコールに基づいた Cr 経口摂取は，P-t 直角双曲線関係から推定される W'に対して，θ_F の増加を伴わない有意な増加をもたらした．この結果は，筋内 Cr と PCr，もしくはいずれか一方の含有量が，パワーと運動継続時間直角双曲線関係から推定される一定置パラメータ W'の重要な規定要因であることを意味した．無酸素性エネルギー供給機構のエネルギー源である PCr の人為的な増大が，W'の有意な増加を引き起こしたことにより，W'が無酸素性エネルギー容量を反映するパラメータであることを直接証明したことになる．

第３章「パワーと運動継続時間関係から推定される一定値パラメータ（W'）

に及ぼすグリコーゲン枯渇の影響」では，筋内のグリコーゲン枯渇操作を行った状態でのパワーと運動継続時間直角双曲線関係を測定し，W'への影響を検討した．結果として，グリコーゲン枯渇条件下でも通常の条件下と同様に，パワーと運動継続時間関係に直角双曲線関係が成立することは確認されたが，その関係から推定されるθ_F と W'への影響は同じではないことがわかった．すなわち， グリコーゲンをあらかじめ枯渇した条件と操作を行わなかったコントロール条件でθ_F に有意な差は生じなかったが，W'はグリコーゲンを枯渇させた条件においてコントロール条件と比べて有意に低い値を示した． 第２章の高強度運動中の主要な無酸素性のエネルギー源としての筋内の PCr 含有量増大が W'の増大をもたらしたこととあわせて，グリコーゲン含有量や PCr 含有量といった高強度運動における主要なエネルギー源が P-t 直角双曲線関係における W'のまぎれもない生理的規定要因であることを意味している．高強度運動中に，より高い比率で無酸素性エネルギー供給が要求されるような条件下で，筋内グリコーゲン含有量や PCr 含有量の変化が W'に強い影響を与えたことは，W'が無酸素性作業容量と強い関係があることを意味するとともに，無酸素性作業能の指標としての妥当性を支持するものであると考えられる．

第４章「パワーと運動継続時間関係から推定される一定値パラメータ（W'）と大腿部筋横断面積の関係」では，W'の量的側面を規定するのではないかと予

想される作業筋量の指標としての筋横断面積との関連性について検討した．本章の結果から，自転車運動におけるパワーと運動継続時間直角双曲線関係から推定される一定値パラメータ W'と働筋である大腿部筋横断面積の間に有意な正の相関関係があることが明らかになった．第１章および第４章の中でもふれたが，無酸素性作業能力を示すと考えられる指標，たとえば，30 秒間の全力自転車駆動運動時の総仕事量や最大酸素借は筋量の大小を反映するという先行研究がいくつか見られる．また，短時間高強度の運動が筋内に貯蔵されているエネルギー基質の量に影響を受けるであろう事も想像に難くない．そのような観点から，本章の結果，すなわち W'と働筋の横断面積の間に有意な正の相関関係があることを見直してみると，無酸素性エネルギー貯蔵量を反映すると考えられる W'が作業筋の横断面積と関連性があることは，間接的にではあるが W'の無酸素性作業能力の指標としての妥当性を示唆するものと考えられる．

本研究の結果より，パワーと運動継続時間直角双曲線関係から推定される W'は無酸素性作業能力の指標として妥当性があり．θ_F，すなわち「クリティカルパワー」あるいは「疲労性作業閾値」が持久力の善し悪しを表す有酸素性作業能力を指し示すパラメータであることとあわせて，ヒトの作業能力評価法に新たな可能性を開いたと言えよう．

また，精密機器を用いることなく，自転車エルゴメーターとストップウオッチで，ヒトの作業能力が，有酸素的能力と無酸素性能力を表すふたつのパラメータ

によって評価できるということになり，その応用的利用価値は極めて高いものであることを最後に今一度強調したい．