

# スイッチング ソウチ ノ カイハツ ト ソノ ユウコウセイ ノ ケンショウ

金, 相培

<https://doi.org/10.11501/3168346>

---

出版情報 : Kyushu Institute of Design, 1999, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :



## 第IV章

### 総括

## IV-1. 概要

近年、高齢者、身体障害者、低体力者などのリハビリテーション、また健常者のフィットネスなどを目的とした運動処方の一つとして水中運動が注目されている。しかし、この水中運動にもさまざまな問題点が指摘されている。具体的には、プールの設備が大掛かりであること、維持管理費が高いこと、水泳において呼吸制限があること、各個人の経験、技量によりエネルギー消費量が大きく左右されること、水中歩行での水の抵抗および浮力により膝の伸展角度が減少すること、床面と足との摩擦係数が低いため強いキックができないこと、水位が胸部付近になると着地までの時間が長くなることなどが挙げられる。このため、現在適切な水中運動機器の開発が望まれている。そこで本研究では有酸素性運動を目的とした水中自転車エルゴメータと筋トレーニングを目的とした水中筋トレーニング装置を開発し、開発した装置の有効性を検証した。以下に各章を要約した。

第I章では、高齢者、身体障害者、低体力者などのリハビリテーション、また健常者のフィットネス等のための運動処方の一つとして水中運動が注目されている現状とその背景について述べた。次に水中運動の特徴を浮力、水圧、抵抗等の水の物理的特性と関連づけて解説した。次に水中運動では水の抵抗により等速性運動に近い効果が得られること、浮力によって下肢に障害があるものでも安全に運動できること、精神的リフレッシュ効果があることなど、水中運動の特徴と利点について述べた。また水中運動に関する過去の知見について概説し、水中運動の問題である「呼

吸制限がある」「精確な負荷設定が困難」「コストが高い」などを明らかにした。これらのことから、可搬性があり、安価で安全性の高い水中トレーニング装置を開発し、その有効性を検証することを本論文の目的とした。

第II章では、有酸素性運動のために水中自転車エルゴメータを開発し、その有効性を検討した。今回開発した水中自転車エルゴメータは羽根車がクランクシャフトに取り付けられており、羽根車が水中で回転するとき4枚の羽根にかかる水の抵抗によって負荷を発生させる。このエルゴメータはハンドルが前後方向に往復運動するように製作されており、足でペダルを踏んで回転させるクランクと手で前後に往復運動させるハンドルが左右でそれぞれリンクしている。そのため目的に応じて上肢のみの運動、下肢のみの運動、四肢すべてを用いた運動をすることができる。

この装置の有効性を検証するために自転車エルゴメータの回転速度により運動負荷を5段階に設定し、7名の男子大学生を被験者に上肢運動、下肢運動、四肢運動の各条件下で酸素摂取量、心拍数、自覚的運動強度を測定した。エルゴメータの回転速度の増加につれてどの運動条件においても酸素摂取量と心拍数が直線的に増加し、最も値が高いのは四肢運動で次いで下肢運動、上肢運動の順であった。また、四肢運動は下肢運動、上肢運動に比べ、自覚的運動強度が低い傾向がみられた。従って、四肢運動が最も有効な運動方法であるといえる。

これらの結果から、開発した水中自転車エルゴメータは四肢運動が可能であり、運動強度の設定も回転速度を調節することによって変えることができるため、無理なく運動することができる。

また、肩、肘、膝などの関節に障害がある患者においても上肢のみ、下肢のみ、上肢と片方の下肢、下肢と片方の上肢など様々な組み合わせで運動が可能であることが確認された。

第III章では、水中での運動は関節の負担を軽減させることに着目し、筋トレーニングのために水中筋トレーニング装置（レッグプレス）を開発し、その有効性を検討した。これは下肢筋トレーニングのための装置で小さな穴を水が通るときの抵抗を利用し大きさが異なる4つの穴（ $\phi 1.8$ ,  $\phi 1.5$ ,  $\phi 1.2$ ,  $\phi 0.7$ ）があいている負荷調節機構によって作業負荷を4段階に変えることができ、一定の作業負荷を保つことが可能である。

この装置の有効性を検証するために、運動負荷を4段階に変化させ、7名の男子大学生を被験者に、異なる3周期の条件下で膝の伸展と屈曲運動を行わせ、そのときの膝伸展運動の仕事量、仕事率及び大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋（内側頭）の各下肢筋筋電図を測定した。加えて筋収縮における筋電図波形、張力変化及び変位変化を陸上での等速性、等張性筋収縮と比較した。

その結果、穴の断面積が小さくなるに従い仕事量は増加した。また、前脛骨筋を除く下肢筋放電量はどの周期でも仕事量に比例して増加した。このことから水の抵抗を利用した負荷設定機構が有効であることが確認された。

運動中の筋放電量は前脛骨筋が一番大きく、次いで大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋と腓腹筋の順で筋放電量が大きかったことから、大腿部のトレーニングが主となる一般的なレッグプレス運動よりも、大腿部のみではなく前脛骨筋などの下腿部のトレーニ

ングにも適していることが示された。

また，陸上での等張性収縮運動と比較して，本装置を用いた水中運動では水の抵抗が加わるため，張力の変化パターンが緩やかであることがわかった．このことから本装置による水中運動は，関節に負担の少ない陸上での等速性収縮運動に近い運動であることが示された。

## IV-2. まとめ

身体障害者，高齢者，低体力者などのリハビリテーションのための運動処方として水中運動が有効であることは，多くの研究によって明らかにされてきている．しかしその一方で，現在行われている水中運動には数々の問題点が存在する．例としては，プールの設備が大掛かりであること，維持管理費が高いこと，一定の負荷条件設定が困難であることなどが挙げられる．このため適切な水中運動機器の開発が望まれているのが現状である．

本論文では，有酸素性運動を目的とした，羽根車の回転により負荷を生成し，その回転速度によって運動強度を変え，上肢のみによる運動，下肢のみによる運動，四肢による運動が可能である水中自転車エルゴメータと，筋トレーニングを目的とした，小さな穴を水が通るときの抵抗を利用した負荷調節機構によって運動負荷を4段階に変えることが可能な水中筋トレーニング装置（レッグプレス）を開発し，開発した装置の有効性を検証した．

第II章と第III章で示した実験結果より，本論文で提案された水中自転車エルゴメータと水中筋トレーニング装置の負荷機構が有効に働くことが確認された．さらに呼吸循環系や筋収縮パターンの検討から，これらの2種類の装置を用いた水中運動が有効であることが確認された．これらの結果から，本装置によって従来の水中運動の問題点を解決でき，安全で効率の良いトレーニングが可能となると考えられる．特に身体障害者や中高年者に対する運動療法，また手術後のリハビリテーション運動として有効性が期待できると思われる．