

水中トレーニングを目的とした負荷トルクの計測と解析

畠中 泰彦

医療、体育の分野ではリハビリテーションやトレーニングに水中運動が適用されている。また、中高年者の生活習慣病の増加も社会問題となっている。これらの問題の対策として運動療法、中でも水中トレーニングの有効性が注目されている。しかし、その効果の判定法は定性的で、経験則に基づいた運動指導が行われているのが実情である。その原因として、ヒトの身体は複雑な形状の多関節構造体で、それが乱流中を運動する非定常状態の解析の困難さがある。

本論文では、この問題解決の基礎的研究として、多様な負荷トレーニング方法の検討、および運動パターンの変化と負荷トルクの関係性を明らかにする。

まず、多様な負荷トレーニング方法として、流体抗力を低減させるシステムを検討する。本論文では、特に流体抗力を効果的に低減させることを目的として、1自由度の円筒モデルおよびヒト下腿モデルを用いて水中気泡環境を利用した負荷トルク低減法を提案した。その結果、流体抗力の変化から円筒モデルでは約50%程度、ヒト下腿モデルでは10%程度のトルクの軽減が可能であることを確認した。

次に、負荷トルクの変化を推定する方法として、繰り返し学習制御と時間軸変換による方法を試みた。従来の歩行分析等に利用される逆動力手法を水中運動に適用しようとするれば、流体に関係する正確なパラメータ値を推定する必要があった。そこで、本研究では複雑なパラメータ推定を必要としない繰り返し学習制御を用いて必要なデータを取得した。また、得られたトルクデータから時間軸変換によって任意の運動パターンのトルクを推定する方法を示し、トレーニングでの利用方法を検討した。

さらに、人工膝関節全置換術後患者の関節モーメント解析から、水中トレーニングの必要性を議論した。水中歩行のトルク解析のために、6自由度モデルによって下肢の各関節にかかる負荷トルクの変化を計測・解析した。特に、変形性股関節症患者を対象として、陸上歩行における運動パターンを健常者と比較した。

最後に、従来のパラメータ推定方法に基づく逆動力学解析手法の限界を克服するために、ワイヤ駆動による他動的運動を用いた下肢のトルク計測システムを提案した。また、提案するシステムを用いて、実際に幾つかの運動の際の股関節および膝関節のトルク計測を行った。その結果、トルク計測が十分な精度で可能であることの基礎的な測定結果を得た。