

生体情報に基づく下肢機能回復のための訓練装置に関する研究

長崎大学大学院生産科学研究科

金 碩煥

近年先進各国において急速な社会の高齢化が進んでおり、日本においても 2014 年には 65 歳以上の人口が全人口の 1/4 を超えると予測されている。このような状況の中で各国は社会福祉制度の維持や労働力・生産性の確保など、高齢化により予想される様々な問題への早急な対応を迫られている。加齢に伴い、我々の筋組織は徐々に衰弱するが、体力の衰えは運動への意欲を奪い、運動の量が減ることにより、更なる筋力低下に繋がるという悪循環を引き起こす。やがては寝たきりの生活を余儀なくされ、自立した生活が出来ないばかりでなく、生活の質は著しく低下してしまう。日本政府は高齢者の健康を積極的に維持及び回復させるために高齢者の老化に伴う身体機能の衰えを遅らせ、人々が可能な限り元気で独立した生活を持続できる社会を作るための介護予防の政策を始めている。

高齢者の介護予防への取組みとして近年多くの病院や施設において比較的体力のある高齢者を対象に、下肢を中心とした筋力維持を目的とした筋力トレーニングが導入されている。また下肢機能に衰えや障害が生じた高齢者に対しては療法士らの手による歩行訓練が盛んに行なわれている。これは自らの下肢で体重を支え、移動できるということは高齢者本人の生活の質のみならず、介護者の負担の量にも決定的に影響する重要な機能だからである。このように高齢者の下肢体力および歩行機能の維持・改善は介護予防のための大きな課題となっている。

施設や病院で筋力トレーニングの導入が広がるにつれて、幾つかの問題点が指摘されている。それは従来の一般的な筋力トレーニング装置に採用されている重りで負荷力を生じさせる方式では、高齢者にとって負荷の調整が難儀かつ危険であること、細かな調節が出来ないことなどである。また歩行訓練においても常に転倒の心配があること、療法士がつきっきりで体を支えなくてはならず、彼らの体力的負担の大きさや慢性的な人手不足などが問題となっている。

そこで本研究ではこれら高齢者の筋力トレーニングや歩行訓練における問題点を解決するために、ロボット技術や生体情報計測技術を応用し、安全で効果的な筋力トレーニング装置と歩行支援機の開発に取り組んだ。

本論文は次のような構成になっている。

第 1 章では、研究の背景として高齢化社会の問題点、介護予防の必要性とそのために行なわれている高齢者の筋力トレーニングと歩行訓練の現状と問題点について述べる。またこれらを踏まえて本研究で提案する装置について述べる。

第2章では、現在リハビリセンタや施設などで下肢機能の回復また維持のために使われている筋力トレーニング装置や日常生活で使われている歩行支援機などの現状と問題点をのべる。

第3章では、提案する装置のために開発した人間の動作意図を的確に読み取るためのシステムとその原理について述べる。筋力トレーニング装置、歩行支援機の両システムに欠かせないのが、確実に使用者の意図を検知し、安全で快適な装置の駆動を実現するマン-マシンインタフェースである。本研究では筋活動を計測するための筋電位センサと筋硬度センサ、その他力センサ、リミットスイッチ等を組み合わせ、装置に合わせて独自のマン-マシンインターフェースの構築を試みた。

第4章では、提案する高齢者向け筋力トレーニング装置について述べる。負荷力を電動式あるいは空気圧駆動式のアクチュエータにより生成し、自動的な負荷調整を可能とする高齢者向けのインテリジェントトレーニング装置の開発に取り組んだ。本装置は先に述べた独自のセンサ技術を応用することで得られた筋活動情報に基づいて負荷力の制御を行うことで、安全で効果的なトレーニングを可能とする。本トレーニング装置の利用を通して得られた各種データは自動的に保存、データベース化され、その後のトレーニングのプログラム管理に利用される。また、体に加える負荷力パターンを調整することで運動中の筋活動を自由にデザインすることが可能である。最良の負荷パターンを選択することで安全かつ最大の効果を引き出すトレーニングへの可能性を開いた。

第5章では、提案する歩行支援機の開発について述べる。高齢者の自立した生活を促すために歩行機能の維持・回復を目的として歩行支援機の開発に取り組んだ。本装置はロボット技術を応用した装着型の動作支援装置で、トレーニング装置と同様、利用者の筋活動情報に基づいて制御される。利用者の状況や障害のレベルに応じて、多様な歩行支援機能を実現する。あらかじめプログラムされた軌道パターンに沿った歩行動作、本人の意図を反映し自由な脚軌道パターンに基づく歩行動作、さらに読み取った動作意図をそのままに駆動することで楽な歩行を可能とするパワーアシスト機能等を実現した。

第6章では、本研究を通して得られた結論と今後の研究の展望について述べる。高齢者用筋力トレーニング装置と歩行支援機の開発を行い、各種実験を通してその評価を行った。評価の結果、提案するシステムの有効性を確認した。

本研究ではバイオフィードバックに基づく高機能な高齢者用トレーニング装置と歩行支援機を提案し、実験機によりその優れた性能を確認した。近い将来には両装置は実用化され、介護予防や高齢者の生活改善へ寄与することが期待できる。