事例紹介 NEDO「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発」

筋力向上トレーニングロボットの開発

Development of a New Integrated Robot for Resistance Training of Muscles

石井 博^{*1} 家坂 邦直^{*2} 橋爪 誠^{*3} 高杉 紳一郎^{*4}^{*1}(株)日立製作所 トータルソリューション事業部 ^{*2}(財)にいがた産業創造機構 産業創造グループ ^{*3}九州大学大学院医学研究院 災害救急医学 ^{*4}九州大学病院 リハビリテーション部Hiroshi Ishii^{*1}, Kuninao Iesaka^{*2}, Makoto Hashizume^{*3} and Shin-ichiro Takasugi^{*4}^{*1}Total Solution Division, Hitachi, Ltd. ^{*2}Industrial Creation Group, Niigata Industrial Creation Organization^{*3}Faculty of Medicine, Kyushu University ^{*4}Rehabilitation Dept., Kyushu University Hospital

1. 緒 言

平成 18 年度に施行された改正介護保険法により、全国に設立された介護予防拠点で高齢者に対して筋力向上トレーニングなどのサービスが提供されている。そのなかで、板錘式のトレーニングマシン（以下、板錘式マシンと記す）が用いられている。安全かつ効果的に筋力トレーニングを行うためには、負荷量、伸展・屈曲のストローク回数やストローク量などを、各人の身体機能に応じて適切に設定する必要がある。しかし、介護予防拠点ではこのような専門的な知識を有する運動療法士や運動指導員等が不足しており、マシンを用いたトレーニングが必ずしも普及しない一因となっている。また、板錘式マシンでは伸展時と屈曲時とで負荷の方向を変えることができないため、エキセントリック筋収縮を含み、遅発性筋痛を誘発しやすかった。さらに、高齢者に多い「つまずき」による転倒予防に効果的なトレーニングマシンは見当たらないのが現状である。

このような背景のもと、加齢などにより体力や身体機能が低下した高齢者の筋力向上トレーニングを支援するロボットの開発に着手した。本ロボットは各人の身体機能や運動状態に応じた負荷の自動調整機能を有し、筋疲労が少なく、安全で効果的な、特に「つまずき」による転倒予防に効果的な運動メニューを提供することを目指した。

2. ロボットの機能

開発したプロトタイプロボットは、上肢・下肢の筋力トレーニングを 1 台で実現するオールインワンタイプである。

図 1 に外観を示す。本ロボットはモータによって運動者へ

図 1 ロボットの外観と構成

図 2 フル・コンセントリック運動の説明

の負荷を発生する。モータトルクを制御するとともに負荷を自動調整する機能を搭載した電源ユニット、モータトルクを直線運動の力に変換し運動者へ伝達する駆動機構、運動者に負荷を印加する脚載台（下肢運動の場合）や握りバー（上肢運動の場合）から構成されている。

本ロボットは上肢や下肢の伸縮往復運動においてコンセントリック筋収縮のみを行うフル・コンセントリック運動に基づき、転倒予防に効果的で筋疲労を起こしにくい新しい運動を実現することができるのが最大の特徴である。図 2 に脚のフル・コンセントリック運動の説明図を示す。本運動のポイントは下肢の伸展時と屈曲時とで負荷の方向を変えることである。

3. 実証試験

本ロボットの運動効果を検証するために、福岡県にある

原稿受付 2008 年 8 月 5 日

キーワード：Resistance Training of Muscles, Nursing Prevention and the Rehabilitation, All-in-one Type Robot, Full-concentric Contraction, Load-adjusting Function

^{*1}〒101-8608 千代田区外神田 1-18-13

^{*2}〒950-0078 新潟市中央区万代島 5-1

^{*3,4}〒812-8582 福岡市東区馬出 3-1-1

^{*1}Chiyoda-ku, Tokyo

^{*2}Cyuo-ku, Niigata-shi, Niigata

^{*3,4}Higashi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka

図3 実証試験結果の代表例

原土井病院において、デイケア施設に日常的な通所を行う要介護認定者19名を対象として、約3箇月間、フル・コンセントリック運動をベースとした実証試験を実施した。本実証試験は既存の板鍤式マシンとプロトタイプロボットを比較対照する形式（ロボット群10名、対照群9名）で実施した。その結果、ロボット群では、リフトオフ運動で強化される股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈の各筋力に著しい向上があり、歩行速度などが被験者平均で25%以上改善した。また、被験者の80%以上（目標：80%以上）に歩行速度などの改善が見られるなど、対照群より多数の身体機能に向上効果があった。図3に実証試験結果の代表例として、5[m]歩行能力および股関節屈曲筋力の運動前後の改善状況を示す。

4. 今後の展望

数年以内の製品化に向けて、コンパクト化、低コスト化、操作性向上を図る予定である。

5. 結 言

介護予防およびリハビリ支援のための筋力向上トレーニングロボットを開発した。自動負荷調整機能を有し、上肢・下肢4種類の筋力トレーニングが1台でできる。また、筋疲労が少なく、「つまずき」による転倒予防に効果的なフル・コンセントリック運動が実現できることが特徴である。

要介護認定者を対象とした実証試験を実施し、運動効果、安全性の両面で有効であることを検証した。

謝 辞 本開発は平成17～19年度に、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究「人間支援型ロボット実用化基盤技術開発」中で推進したものである。本開発に参画した機関は、にいがた産業創造機構、日立製作所を管理法人として、東京都老人総合研究所、新潟県立看護大学、九州大学病院、長岡技術科学大学、新潟大学、九州大学、早稲田大学である。

石井 博 (Hiroshi Ishii)

1981年早稲田大学大学院理工学研究科修了。工学博士(東京大学)。2002年(株)日立製作所機械研究所第4部長、2005年トータルソリューション事業部本部長付、現在に至る。現在の研究分野および興味をもつテーマはロボティクス、流体関連振動。1991年日本機械学会研究奨励賞受賞。日本機械学会(評議員2期、メカライフ編集委員長等)に所属。

会研究奨励賞受賞。日本機械学会(評議員2期、メカライフ編集委員長等)に所属。

家坂邦直 (Kuninao Iesaka)

1970年群馬大学工学部繊維高分子工学科卒業。2000年新潟県工業技術研究所素材応用技術支援センター長、2007年(財)にいがた産業創造機構産業創造グループディレクター、現在に至る。研究分野および興味をもつテーマは超高压による食品加工技術、太陽電池製造関連技術。

連技術。

橋爪 誠 (Makoto Hashizume)

1984年九州大学大学院医学研究科修了。医学博士(九州大学)。1999年九州大学大学院医学研究院災害救急医学・教授、2006年九州大学病院救命救急センター・センター長兼任、現在に至る。現在の研究分野および興味をもつテーマは消化器外科学、コンピュータ外科学、災害救急医学、門脈圧亢進症。2006年文部科学大臣表彰科学技術賞(科学技術振興部門)、2007年「今年のロボット」大賞2007優秀賞、審査委員特別賞受賞。日本外科学会、日本消化器外科学会(評議員)、日本腹部救急医学会(理事)等に所属。

災害救急医学、門脈圧亢進症。2006年文部科学大臣表彰科学技術賞(科学技術振興部門)、2007年「今年のロボット」大賞2007優秀賞、審査委員特別賞受賞。日本外科学会、日本消化器外科学会(評議員)、日本腹部救急医学会(理事)等に所属。

高杉紳一郎 (Shin-ichiro Takasugi)

1989年九州大学大学院博士課程修了。医学博士(九州大学)。1993年九州大学病院リハビリテーション部助教、1998年九州大学病院整形外科医局長。現在の研究分野および興味をもつテーマは高齢者リハビリテーション、スポーツ医学。2008年九州大学研究・産学官連携活動表彰。日本リハビリテーション医学会(認定医)、日本健康支援学会(理事)、臨床スポーツ医学会(評議員)等に所属。

連携活動表彰。日本リハビリテーション医学会(認定医)、日本健康支援学会(理事)、臨床スポーツ医学会(評議員)等に所属。