

機関番号：14101
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20560411
 研究課題名（和文） 病状に合わせた最適トレーニングを実現する運動療法マニピュレータの開発
 研究課題名（英文） Development of a manipulator to realize optimum exercise therapy fitting conditions
 研究代表者
 平井 淳之（Junji Hirai）
 三重大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：30345996

研究成果の概要（和文）：

研究成果は3つに分かれる。

- (1) 肢運動時のバイオフィードバック
運動中のリアルタイムでの筋張力推定手法を開発した。
- (2) 肢の定量的なトレーニング
肢の先端力の方向と大きさで、肢の3対6筋モデルの各筋群に対する筋活動レベルを制御できる手法を提案し、それを筋力増強トレーニングに適用した。
- (3) 安全な下肢トレーニング装置の開発
ブレーキを用いた下肢トレーニング用マニピュレータを開発した。

研究成果の概要（英文）：

There are three parts in the results of the research.

- (1) Biofeedback during motion of limbs
Real-time estimation methods of muscle force during motion of limbs are developed.
- (2) Quantitative training of limbs
A muscle activation level control method for each muscle group of 3 pairs of 6 muscle model is proposed using direction and magnitude of tip force of limbs. The method is applied to strength training.
- (3) Development of safe training equipment for lower limbs.
A training manipulator for lower limbs using breaks is developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：メカトロニクス

科研費の分科・細目：電気電子工学・制御工学

キーワード：理学療法、トレーニング、マニピュレータ、バイオフィードバック、筋張力、筋活動、肢、関節粘弾性

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会の進展による医療費の増大を抑制するために、リハビリテーションにおける入院期間は制限されており、入院患者の早期回復を図ることが病院に求められている。一方、現状のリハビリテーションにおいては患者に対して理学療法士による医療行為が行われているが、その内容は理学療法士の経験に頼っており、治療内容を定量的に把握できていないのが現状であり、患者に対して最適なトレーニングを実現できていないか分からない。

今までに、他動運動（高齢者や障害者に対して、麻痺や拘縮で本人が動かせないまたは動かしにくい部分を他者が動かす関節可動訓練）の省力化のために産業用ロボット技術を応用した安川電機の TEM が開発された。また、筋力計測や訓練に使用される代表的な機械として Biodex System 3 等は他動・等尺／等張などの抵抗運動によるリハビリにも用いられている。これらの機器においては医師や理学療法士が運動を決定した上で、患者がそれを実行している。

我々研究グループでは、リハビリ技術の高度化と治療成績の向上を目的として、運動療法におけるトレーニングを行いながら関節トルクや筋張力を提示できるシステムを提案してきた。本システムでは、筋電位計を用いず、簡便に運動中の筋張力を推定する。具体的には、下肢トレーニング中の患者の筋張力を捉え、それを理学療法士及び患者に提供することが可能な機器を開発した。これにより、運動の状況を見ながら運動を調節可能なバイオフィードバック療法を簡便に実現することができた。

2. 研究の目的

リハビリテーションを必要とする患者の入院期間の制限により、患者の早期回復を図ることが強く求められている。本研究課題では、患者の早期回復の一助となることを目的に、患者に合わせた最良のトレーニングを提供できる運動療法機器の開発に向けた技術の開発を行う。

3. 研究の方法

研究内容は3つに分かれる。

(1) 肢運動時のバイオフィードバック

筋張力は運動時の関節への負担等の定量化に必要であり、ここでは運動中のリアルタイムでの筋張力推定手法を開発する。

(2) 肢の定量的なトレーニング手法

最適なトレーニング実現のために、実用的かつ定量的な手法を開発する。

(3) 安全な下肢トレーニング装置の開発

一般の人が提案手法によりトレーニング

を行うために、安全性を考慮した下肢トレーニング用マニピュレータを開発する。

4. 研究成果

(1) 肢運動時のバイオフィードバック

筋張力のバイオフィードバックのために2つの方法を提案した。

① 機能別実効筋理論を用いた手法

本手法では、マニピュレータによる運動中の肢先端力の方向と大きさから、機能別実効筋理論により、各筋群が発生する筋張力を推定する手法を提案した。ここで、人体の動力学を考慮して肢先端力を算出している。さらに、求めた各筋群の筋張力から筋張力推定手法により各筋張力を推定する。実験により、筋張力推定の計算の高速化が可能となり、運動中のバイオフィードバックに有用であることを明らかにした。

このように機能別実効筋理論により、肢の筋張力推定の高速化を実現してきた。ここでは、等尺運動で最大努力下の筋活動パターンを利用していたが、新たに特定の運動時の筋活動パターンを計測する手法を開発し、求めたパターンによる筋張力推定手法を提案した。これにより筋張力推定手法の精度向上が見られた。

② 関節粘弾性を用いた手法

従来の手法では屈筋と伸筋のどちらかが活動している場合しか筋張力推定がうまくいかない。本手法では筋の活動により関節粘弾性が変化することに着目し、運動中の関節粘弾性を同定し、その値から各筋群の筋張力を割り出す手法を提案した。関節粘弾性同定にEMGセンサを用い、それを提案手法に応用し、本提案手法による筋張力推定を行った。実験結果より、関節を固める動作においては①の手法よりも推定精度が高いことを確認した。

(2) 肢の定量的なトレーニング手法

下肢や上肢の筋肉を効果的に鍛える手法として、機能別実効筋理論を用いた筋活動レベル制御手法を提案した。本手法では、目的とする筋群を鍛えるための肢先端力の方向と大きさを機能別実効筋理論により決定する。その際、非等尺性運動時においても正確に筋活動を与えるために Hill の特性式を用いて筋力の動特性を考慮した。それをマニピュレータによる運動に適用し、本手法の有効性を示した。さらに、本手法を筋力トレーニングへ応用し、下肢においてその効果を確認した。ここでは初動負荷理論にもとづく運動負荷を付加している。

(3) 安全な下肢トレーニング装置の開発

これまでトレーニングで使用していたマ

ニピューレータはモータによって動作しているが、新たに安全性の高いブレーキによってマニピューレータを製作した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

1) 駒田諭, 村上洋輔, 平井淳之: 「肢の動作中の筋活動レベル制御法の提案とその筋力トレーニングへの応用」, 電気学会論文誌 D, vol.131-D, no.3, pp.291-296, (2011.3), 査読有り

2) Satoshi Komada, Yosuke Hashimoto, Noboru Okuyama, Takashi Hisada, and Junji Hirai: "Development of a Biofeedback Therapeutic-Exercise-Supporting Manipulator," IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol.56, no.10, pp.3914-3920, (2009.10), 査読有り

[学会発表] (計14件)

(1) 杉野貴基, 駒田諭, 平井淳之, 動的状態を考慮した機能別実効筋理論を用いた筋群別筋張力推定手法, 電気学会 産業計測制御研究会, 2011年3月9日, 習志野市

(2) 臼井伸充, 駒田諭, 平井淳之, 関節粘弾性と肢の3対6筋モデルを用いた筋張力推定法, 電気学会 産業計測制御研究会, 2011年3月8日, 習志野市

(3) Shinji Usui, Satoshi Komada, and Junji Hirai, Estimation Methods of Muscular Tension by Rehabilitation Support Manipulator for Future Human and Robot Convive Sustainable Society, The 17th Tri-University International Joint Seminar and Symposium 2010, 2010年11月11日, Chiang Mai University, THAILAND

(4) Atsuki Sugino, Satoshi Komada, and Junji Hirai: "An estimation method of muscle forces for each muscle group using theory of functionally different effective muscles considering human dynamics," in Proceedings of 2010 3rd IEEE RAS and EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob), pp.675-680 (2010.9.29), Tokyo, Japan

(5) Satoshi Komada, Yosuke Murakami, and Junji Hirai: "Proposal of a Muscle Activation Level Control Method for Limbs

during Motion and its Application to Strength Training," in Proceedings of International Symposium on Application of Biomechanical Control Systems to Precision Engineering, ISAB 2010, -Engineering Review of Biological Evolution of Motion Control-, pp.176-181, (2010.7.24), Iwaki, Fukushima

(6) 村上洋輔, 駒田諭, 平井淳之, 機能別実効筋理論を用いた動的運動中における筋活動制御手法の提案と筋力トレーニングへの応用, 電気学会 産業計測制御研究会, 2010年3月9日, 東京農工大学 (小金井市)

(7) 村上洋輔, 駒田諭, 平井淳之, 機能別実効筋理論と初動負荷理論に基づく筋力増強トレーニングに関する研究, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, 2009年12月24日, 芝浦工業大学豊洲キャンパス (東京都)

(8) 村上洋輔, 駒田諭, 平井淳之, 機能別実効筋理論を用いた筋群別筋張力推定手法, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 2009年9月17日, 横浜国立大学 (横浜市)

(9) Yosuke Murakami, Satoshi Komada, and Junji Hirai: "Setting of Training Load Using Theory of Functional Effective Muscle," in Proceedings of 2009 IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics, pp.946-949, (2009.6.26), Kyoto

(10) 藤井厚志, 駒田諭, 平井淳之, 拮抗筋張力推定のための筋骨格粘弾性モデルを用いた筋張力推定手法, 電気学会産業計測制御研究会, 2009年3月10日, 成蹊大学 (東京都武蔵野市)

(11) 村上洋輔, 駒田諭, 平井淳之, 機能別実効筋理論を用いたトレーニングにおける負荷設定, (社)計測自動制御学会中部支部平成20年三重地区計測制御研究講演会, 2008年12月17日, 三重大学 (津市)

(12) 藤井厚志, 拮抗筋張力推定のための筋骨格粘弾性モデルを用いた筋張力推定手法, 電気学会東海支部若手セミナー 次世代パワーエレクトロニクス技術の新展開 第2回, 2008年11月29日, 中部大学研修センター (恵那市)

(13) 駒田諭, 藤井厚志, 平井淳之, バイオフィードバックのための筋力推定手法, 平成20年電気学会産業応用部門大会, 2008年

8月27日、高知市文化プラザ「かるぽーと」
(高知県)

(14) 村上洋輔, 駒田諭, 平井淳之, 機能別
実効筋理論を用いたトレーニングに関する
研究, 平成20年電気学会産業応用部門大会,
2008年8月27日, 高知市文化プラザ「かる
ぽーと」(高知県)

[図書] (計1件)

環境適応型モーションコントロール協同研
究委員会編 (駒田諭他), 電気学会, 環境適
応型モーションコントロールの最新技術,
2008, 総ページ数123, pp.86-93

[その他]

ホームページ等

<http://www.ems.elec.mie-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平井 淳之 (Junji Hirai)
三重大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 30345996

(2) 研究分担者

駒田 諭 (Satoshi Komada)
三重大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 10215387

(3) 連携研究者

()

研究者番号: