

秋田発ローイング型リハビリマシンの実用化

Development of AKITA FES ROWING SYSTEM

正 宮脇和人（秋田県産術総研究センター） 小笠原雄二（秋田県産術総研究センター）
 正 巖見武裕（秋田大工学資源） 島田洋一（秋田大医） 佐藤峰善（秋田大医）
 正 森英季（秋田県産業技術総合研究センター） 佐藤 淳（株）三栄機械）
 飯塚清美（有）バイオテック）

Kazuto Miyawaki, Yuuji Ogasawara, Shigeki Mori Akita R&D center
 Takehiro Iwami, Yoichi Shimada Mineyoshi Sato Akita University
 Jyun Sato Saneikikai Co.
 Kiyomi Iizuka Baiotec

According as our society again, assist machines begin to needed for persons of advanced age. We research and develop a fitness apparatus according to requirement of elderly people. Proposed apparatus which is consisted of a rowing machine and Functional Electrical Stimulation (FES) can exercise every part of muscle for the persons of advanced age. The rowing mechanism was developed to train rowers. The rowing exercise can train legs and upper effectively. Move over FES can assist the exercise of the leg by using surface electricity stimulus. It confined that the investigated apparatus trained the muscles of the person of advanced age effectively and could cancel exercise shortage.

1. 緒言

筋肉を能動的に収縮運動させる方法として機能的電気刺激 (FES:Functional Electrical Stimulation)が注目されている。この FES 技術は筋・骨格系に外部コントローラにより電気刺激を与え筋の収縮を行う手法である。高齢者にとって、筋肉の自動的な収縮運動がなければ血流ポンプとしての作用も小さく、末梢循環不全と内臓障害の十分な予防にはつながらない。そこで、近年、高齢者に効果的なリハビリテーションとして、パワーリハビリと呼ばれる手法が一般的になってきた。これは、トレーニングマシンを使って身体に負荷を与え、積極的に筋力や心肺機能を向上させるといったリハビリテーションの考え方である。本報告は、AKITA FES PROJECT の一環として、高齢者、下肢麻痺者を対象としたリハビリ機器に機能的電気刺激 (FES)技術を総合的に取り込むことによって、効率的かつ効果的な全身運動を可能とするハイブリッド・パワーリハビリ機器の開発を行うものである。AKITA FES PROJECT とは、秋田大学医学部の島田洋一教授を中心に FES をキーテクノロジーとして、医学関係者、工学関係者が連携して研究開発や機器開発を進めるプロジェクトである⁽¹⁾。本プロジェクトは、秋田県から世界に向かって、FES の最先端な研究を発信している。今回提案するシステムはこの FES を用いたローイング（ボート漕ぎ）運動システムである。

2. 機能的電気刺激 (FES)

FES は脳卒中や脊髄損傷などにより中枢神経からの運動指令が末梢神経に伝わらないために動作を起こすことができないような障害者に対して、脳からの指令の代わりに外付けの回路を設けて神経系を刺激することによって筋を収縮させて、動作を起こすように手助けしてやる治療法のことである。交通事故や労働災害による脊髄損傷では、中枢・末梢神経の運動伝達路が遮断されて大脳皮質連合野から命令が末梢運動二

ューロンに伝達されない。そのため本人の意思では筋運動を起こすことが不可能である。そこで、麻痺した筋を動作させるため、外部の装置から制御された電気信号を筋・神経系へ与えることにより運動機能の再建を行おうとするのが FES の原理である⁽²⁾（図 1）。下肢麻痺者に効果的なリハビリテーションとして、この FES を用いた運動が有効である。図 2 に示すように、FES の技術をリハビリ機器の開発に取り入れ、下肢麻痺患者でも効果的な全身運動が可能になるという新しいコンセプトに基づくハイブリッド・パワーリハビリ機器の開発と評価を行った。

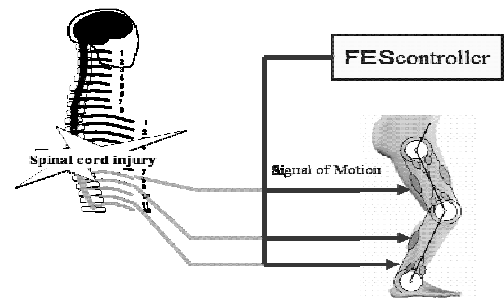


Fig.1 Functional Electrical Stimulation

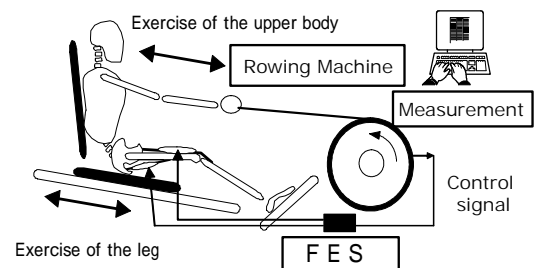


Fig.2 FES Rowing System

3. 解析手法

本研究では、ローイング運動時の動作を計測してその運動学的データを用いたモデル計算により解析を行う為、今回は剛体リンクモデルを用いて各関節に働く関節間力及び関節モーメントを求めた。使用する力学モデルは、図3に示すような2次元の4リンクモデル(足部、下腿部、大腿部、上体)とする。単純化の為に以下のような仮定を設ける。1.各リンクは剛体リンクで表せる 2.各関節は1軸の回転関節とする。3.各リンクの重心は関節間軸上に位置する。重力や加速度を考慮して各関節に作用する水平方向の力と鉛直方向の力とモーメントの釣り合いから動力学的に足関節、膝関節、股関節の関節モーメントを求める。

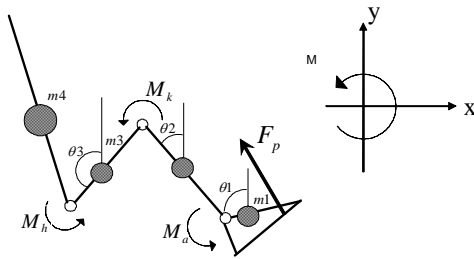


Fig.3 Link model

4. ローイングマシンを用いた実験方法

ローイング運動は、いわゆるボート漕ぎ運動で、筋力トレーニング的な効果がある。具体的には、背中(僧帽筋、広背筋)、大腿(大腿直筋、外側広筋、内側広筋)上腕(上腕二頭筋長頭、上腕二頭筋短頭)を主にトレーニングすることができる。また、有酸素運動としても、その効果が期待出来る。本研究では、非侵襲で患者の負担が軽いと考えられる表面電極型の電気刺激発生装置(21100-BZZ-00188000、Minato Co.)を用いて、筋を外的に刺激・制御することで効果的なりハビリ機器を目指す。計測システムは図4に示すように足部とハンドル部に荷重を計測するセンサを取り付けたローイングマシンと、CCDカメラの画像より標点の空間座標を追跡する画像処理装置を用いた。本研究では、人体にどのような負荷がかかるのかを検証した。反射マーカーは頭頂点と左右の肩峰点、上腕骨外側上顆、橈骨茎状突起、大転子点、膝外側点、外踝点、第5中足骨頭点に合計15カ所貼り付けた。被験者は健康男性1名である。

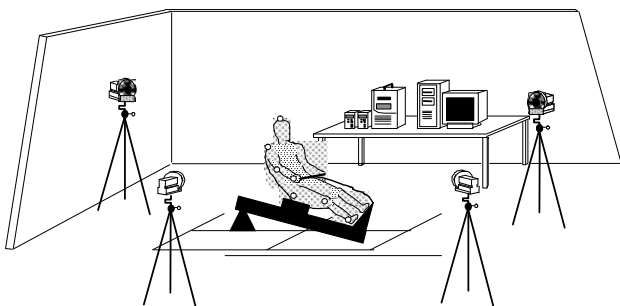


Fig.4 Experimental Setup

5. 実験結果

図5にハンドルを引くときに必要な力を、図6に足部にかかる反力を示す。図の縦軸が力で横軸が時間である。どちらも3回のローイング動作である。ハンドルを引く力も足部に

かかる力も最初の動作が一番大きい値を示している。図7に身体各部の頭頂、肩、腰、膝、足首の軌跡を、図8に腕部の肘、手首の軌跡を示す。3回のローイング動作において各部の軌跡は、ほぼ同じ軌跡を示していることがわかる。図10は足部が受ける反力と、身体各部の軌跡をもとに各関節に係るモーメントを示す。足関節と膝関節に係るモーメントは歩行動作とほぼ同じであるが、股関節には歩行時の2倍以上のモーメントが係っていることがわかる。

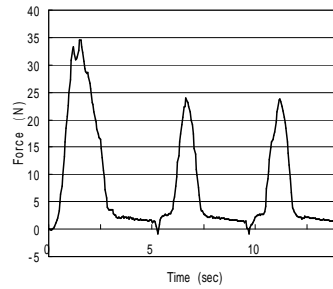


Fig.5 Handle Force

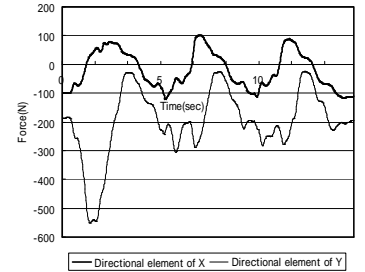


Fig.6 Floor Reaction Force

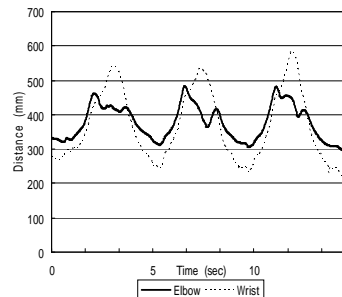


Fig.7 Path of the body

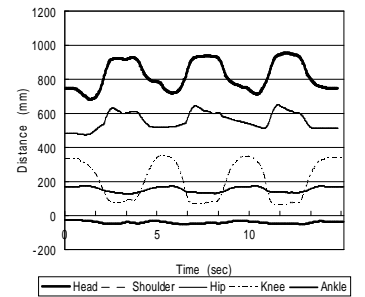


Fig.8 Path of the Arm

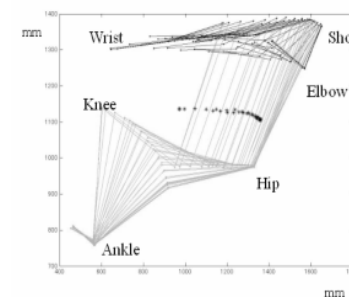


Fig.9 Stick Figure

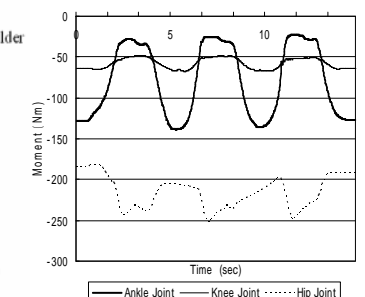


Fig.10 Joint Moment

6. まとめ

本研究開発では、車いす利用者が容易に利用できる機能的電気刺激とローイングタイプの運動器具を組み合わせ、ハイブリッドタイプのパワーリハビリ機器を開発しリンクモデルを用いて工学的に評価を行った。今後は、リハビリテーションが実際に行われている老人施設や臨床現場で評価を行う。

参考文献

- [1] 巖見武裕：AKITA FES PROJECTにおける最近の工学的アプローチ，第11回日本FES研究会学術講演会講演論文集,(2004),1.
- [2] 島田洋一,松永俊樹,三澤晶子,湊貴至,相澤俊朗,井樋栄二,巖見武裕,宮脇和人：ハイブリッドFES，総合リハビリテーション,32-9,(2004),873-879.