

# アタッチメント型 FES サイクリングユニットの開発と乗車ポジション評価

## Development and Ride Position Evaluation of Attachment Type Cycling Unit for Wheel Chair using Functional Electrical Stimulation

○ 梶森 江靖 (秋田高専), 大友 康和 (秋田大学), 小林 義和 (秋田高専), 巖見 武裕 (秋田大学), 宮脇 和人 (秋田高専), 木澤 悟 (秋田高専), 松永 俊樹 (秋田大医), 島田 洋一 (秋田大医)

Kosei HIMORI, Akita NCT., Yasukazu OHTOMO, Akita Univ., Yoshikazu KOBAYASHI, Akita NCT., Takehiro IWAMI, Akita Univ., Kazuto MIYAWAKI, Akita NCT., Satoru KIZAWA, Akita NCT., Toshiaki MATSUNAGA, Akita Univ., Faculty of Medicine, Yoichi SHIMADA, Akita Univ., Faculty of Medicine

*Key Words:* FES, front wheel unit, wheel chair, VICON

### 1. 緒言

近年, 病気や事故による下肢運動機能障害や加齢による下肢機能低下などの問題がある。また, これらの二次障害として, 下肢の筋委縮の進行, 血行障害などの問題が生じる恐れがあるが, 下肢のリハビリテーションによりこれらの二次障害を防止することができると考えられている。下肢のリハビリテーション方法の一つにサイクリング運動がある。また, 障害が比較的重いと考えられるときには, FES(機能的電気刺激)を用いた方法もあり<sup>(1)</sup>, FES サイクリングに関する研究も進んでいる。しかしながら, 試作されているものは自転車と車いすが一体となったものがほとんどである。本研究は, 屋内では障害者の方に通常の車いすを利用してもらい, 屋外または比較的広い屋内では車いすにサイクリング前輪ユニット (以下前輪ユニット) を取り付け, 屋内外での乗り換えが不要となるアタッチメント型の FES サイクリングユニットを開発することを目的としている。本研究では, Fig. 1 に示す FES サイクリングユニットの乗車ポジションの改良と評価について行なった。



Fig. 1 Apparatus of cycling unit and wheelchair

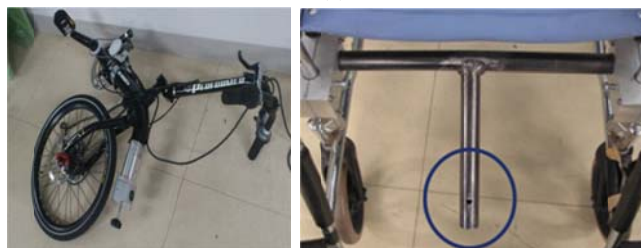
### 2. FES サイクリングユニットのこれまでの製作と評価

車いすに取り付ける前輪ユニットとして, PERFOMER 社のリカンベント自転車 Front Wheel Drive (2009 model) の前輪部を使用した(Fig. 2(a)). この前輪駆動二輪車は前輪部と座席, 後輪部が取り外せるようになっている。既製品であるため強度も充分にあり, 軽量(前輪部のみで約 7kg)である

ので, この自転車を前輪ユニットに採用することにした。ユニット側に円柱のアダプタ(Fig. 2(b))を取り付け, 円柱底部に手回しのねじを取り付ける事で車いすとの取り付け取り外しを容易とした。そのアダプタと車いすに取り付けてある Fig. 2(c)のような T 字に溶接された鋼管の前輪部を接続する形とした。ユニット側のアダプタ(アルミ円柱)に車いす側のアダプタ(鋼管)を差し込み, アルミ円柱底部についた手回しのねじを回し, 鋼管に空いた穴(Fig. 2(c), 丸部)と接続する方式であった。



(a)



(b)

(c)

Fig. 2 Front Wheel Drive (2009 model) (a), Front unit (b) and adapter unit (c) before improvement

結果として, 取り付け取り外しが一人で 3 分程度の時間を要し, Fig. 2(c)の鋼管の穴の位置の変更や角度調整機構によって様々な体格の方に対応可能となり, 内部空間の拡張により, ユニットを取り付けた状態でも乗り降りがしやすくなった。しかし, ペダルと椅子の距離が長く, ペダルが椅子の位置よりかなり高い位置にあること, 角度調整機構

に直接使用者の体重が加わり破損の恐れがあり危険であるといった問題が挙げられた。同種の研究<sup>(2)</sup>によれば、ボトムブラケット(クランクの根元部分の軸)の高さとシート高さは等しくすることが良いとされるため、これらの問題点を解決すべく、以下の改良を行なった。

### 3. 改良箇所と改良結果

ユニットの取り付け取り外しをより早く簡単にする為、ピン2本による接続方法に変更した。改良後のフロントアダプタを Fig. 3(a)に示す。フロントアダプタの先端にはピンを挿入する穴が複数あり、この穴をアダプタユニット中央にある鋼管の穴と位置を調整することで椅子とペダルとの距離を乗る人の体格に合わせて調整することが出来るようになった。この接続方法により、工具を用いる事なく接続の時間を3分程度から30秒程度に大幅短縮する事を可能にした。アダプタユニットは、Fig. 3(b)のように車いすに取り付けられている。



(a) (b)

Fig. 3 Front unit (a) and adapter unit (b) after improvement

アダプタユニットは、中央の鋼管に加わる荷重に耐えられるよう、2本の鋼管とアルミの部品によって支えられ、鋼管の端が既製品のフレキシブルクランプによって車いすに接続されている。フロントアダプタは、複数のアルミの加工部品を溶接し一体化する事で、アダプタユニットと車いすの距離がコンパクトになり、ボトムブラケットと座面との高さや距離が改善され、剛性の向上に繋がった。また、マウンテンバイクなどに用いられているサスペンションをフロントアダプタに組み込むことにより、車いすに乗った時の衝撃緩和や、車いす前輪が僅かに浮く事で FES サイクリングユニットの操作性が向上する効果を発揮させた。

### 4. FES サイクリングユニット全体像

Fig. 4 に改良後の FES サイクリングユニットを示す。



Fig. 4 Apparatus of cycling unit after improvement

Fig. 4 に示すように、ボトムブラケットと座面の高さが等し

くなり、無理のない姿勢でのサイクリング運動が容易となった。また、使用者は車いすに乗った状態で容易にフロントアダプタの着脱が可能となった。

### 5. FES サイクリングユニットの動作解析



Fig.5 Infrared camera measurement (VICON)

FES サイクリングユニットへ実際に乗車し、VICON による3次元の動作解析を行なった。VICON とは、光学式のモーションキャプチャシステムの一つであり、複数の VICON でマーカーを取り付けた被験者を囲み、マーカーにより下肢の運動をデジタル的に記録する方法である。FES による運動と通常の運動とで、どちらも同じ速度で実験を行ない、運動データの数値解析を実施した。

### 6. 結 言

今回の FES サイクリングユニットの改良を行なった結果、以下の点が改善されることとなった。

- (1) フロントアダプタを2本のピンによる接続方法にしたことにより、工具を用いることなく取り付け取り外しの時間を30秒程度にまで大幅短縮したりすることが可能となった。また、ピンの接続方法を改善することにより、安全性も向上した。
- (2) 使用者の体格に応じて、サスペンションの初期圧縮力の調整や接続ピンを挿入する位置により、クランクと椅子の高さや距離、シート角度を自由に変更することが可能となった。
- (3) 既製品のフレキシブルクランプを用いることにより、様々なタイプの車いすにアダプタユニットを取り付けることが容易となった。

今後はサスペンションの硬さやフロントユニットの角度をそれぞれ調整した時の性能評価や、VICON で記録したデータの数値的な解析、クランク型パワーメーターを用いた乗車時のパワーや仕事力などの詳細な評価をする予定である。

### 参考文献

- (1) K.J. Hunt et al., "Comparison stimulation patterns for FES-cycling using measures of oxygen cost and stimulation cost", *Medical engineering & Physics*, vol. 28, pp.710-718, 2006.
- (2) Rik Berkelmans, "FES Cycling", *J. of Automatic control, Univ. of Belgrade*, vol.18(2), PP. 73-76, 2008.