

福祉機器利用のための筋ジストロフィー患者の指の微小動作計測

A Measurement on the Small Finger Motion of the Muscular Dystrophy Patient for Welfare Device

沼 とう子* , 井上 浩* , 小林 顕** , 猪又 八郎***

Tohko Numa* , Hiroshi Inoue* , Akira Kobayashi** , Hachirou Inomata***

*秋田大学 , **国療道川病院 , ***国療秋田病院

*Akita University , **National Sanatorium Michikawa Hospital ,

***National Akita Hospital

キーワード : 筋ジストロフィー(muscular dystrophy) , デュシェンヌ型筋ジストロフィー (Duchenne muscular dystrophy) , 筋電図(electromyogram ; EMG) , 福祉機器(welfare device) ,

連絡先 : 〒010-8502 秋田市手形学園 1-1 秋田大学 工学資源学部 電気電子工学科 井上研究室
沼 とう子 , : 018-889-2492 , E-mail ; tohko@venus.ee.akita-u.ac.jp

1 . はじめに

意思の疎通や外出が困難な障害者や高齢者でも、情報通信機器を利用することで社会参加が進み、自立した生活を送ることが可能となってきた^[1]。しかし、一般的に使用される入力装置では操作が困難な人が多い。筋ジストロフィー患者は筋萎縮が進行するにつれ筋力が低下し、力が入らなくなり手を動かす範囲も徐々に狭くなる。車椅子を操作するのに用いられるジョイスティックなどの入力装置は手だけでなく体の全体重で動かしているのが現状である。このため、パソコン入力装置はたくさん開発されているが筋ジストロフィー患者にとって使いやすいとは限らない。例えば、マウスやトラックボールなどは病状にもよるが手の動作範囲が狭くなり、筋力低下のため操作するのが困難である。目線による入力装置は体が安定しないため頭が固定されないということ、および

まぶたの不随意運動があるため誤作動を起こしてしまう。音声認識による入力装置は人工呼吸器などを使用している人は声が出ないので操作が出来ない。

多くの筋ジストロフィーは近位筋優位の筋障害分布を示すため、病状が進行しても指先は微小な動作が可能である。本研究では筋ジストロフィー患者が指先の小さな動作で操作できる入力装置を考えるため、母指の動作と表面筋電図の測定を行った。

2 . 測定対象および方法

2-1 筋ジストロフィーの特徴^{[2][3]}

筋ジストロフィーは、骨格筋の変性・壊死を主病変とし、臨床的には進行性の筋力低下をみる遺伝性の疾患と定義される。筋肉が萎縮し、筋力低下を起こす原因としては筋肉そのものに原因があ

る場合（筋原性）のほか、筋肉に異常はないが筋肉に脳からの命令を伝える運動神経系に異常があり、筋肉が働かず、筋萎縮を起こす場合（神経原性筋萎縮症）がある。このうち筋ジストロフィーは筋原性疾患の代表である。

今回の測定で協力してもらったのはデュシェンヌ型(Duchenne muscular dystrophy; DMD 型)の患者で筋ジストロフィーの中でもっとも頻度が高く、病因は筋細胞の構造を維持するのに必要なジストロフィンという蛋白質が欠損している。進行とともに四肢関節拘縮、脊柱変形をきたす。10～12歳頃には歩行困難で車椅子を使用して生活する。胸郭変形、心筋の障害等に伴って、呼吸機能、心機能の低下が次第に強くなり、20歳前後で肺炎、呼吸不全、心不全等で死亡するとされる。近年では人工呼吸器の使用、全身管理の技術向上により延命が図られるようになり、確実に寿命は延びている。

2-2 指の動きと表面筋電図

指の動きから入力装置の信号を検出するため動作測定を行う。また、指の動作は微小でも筋肉はどの程度動こうとしているかを知るため、動作測定と同時に表面筋電図の測定も行う。

A) 指の動き

パソコンのポインタの動作には画面上で上下左右の4方向が必要であると考え、これを指の動きで動作させる。指がどれくらいの範囲で動き、どのような動作ができるかを調べるため、ビデオカメラで指を撮影し、動きを読み取る。母指は他の指よりも動きが良いこと、被験者に一番動かしやすい指と指定したとき母指が多く挙げられていたことから、これを測定対象とする。

母指の動作は基本的に屈曲（曲げる）・伸展（伸ばす）、外転（広げる）・内転（寄せる）、対立（母指を他の指とつける）があるが、前後左右に母指を動か

す場合、対立以外の4つが基本の動作であると考えられる。このため、表面筋電図を測定するときの動作の基本をこの4つにする。

B) 表面筋電図

筋電図（Electromyogram; EMG）は筋繊維が興奮する際に発生する活動電位を記録するもので、針筋電図と表面筋電図がある^[4]。針筋電図は筋肉内に針入した針電極により筋繊維の膜電位の変化を記録し、神経筋単位の異常の有無を知る。表面筋電図は筋全体の活動を多数の筋を同時に連続記録することにより不随意運動や筋緊張異常の性質や分布を検討し、客観的に記録として残す。

針電極は被験者に痛みを伴うばかりでなく、医師の指導のもと行わなければならないため、表面電極による筋電図を測定する。

測定する筋は母指を動かすための筋で、表面電極で記録できる皮膚に近い部分にある短母指外転筋と第1背側骨間筋を対象にする。短母指外転筋は母指の外転および屈曲、第1背側骨間筋は内転および屈伸の動きをする^[5]。

2-3 母指の動きと筋電図の同時計測法

測定系の構成を図1に示す。

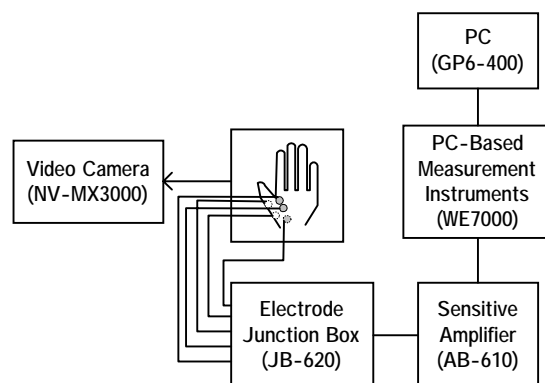
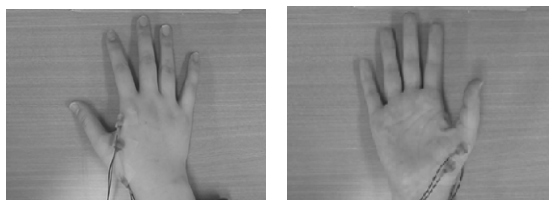


図1 測定の構成

動作の測定は母指の動きをビデオカメラで撮影し、パソコンに取り込む。図2のように固定したビデオカメラの下で指を動かしてもらい、指先に印をつけておき、ビデオカメラからパソコンにフレームサイズ 640 × 480 [pixel]、フレームレート 30 [fps] の動画でパソコンに取り込む。取り込んだ動画をフレームサイズは変えずにフレームレート 6 [fps] の BMP 形式の静止画で出力する。一番初めの母指の位置を原点とし、指先につけた印を [pixel] で読み取る。指の下に敷いた方眼紙から 10 [mm] を [pixel] 単位で読み取っておき、こ [pixel] で読み取った母指の動きを [mm] に変換していく。



図2 ビデオの固定装置



(a) 手の甲

(b) 手のひら

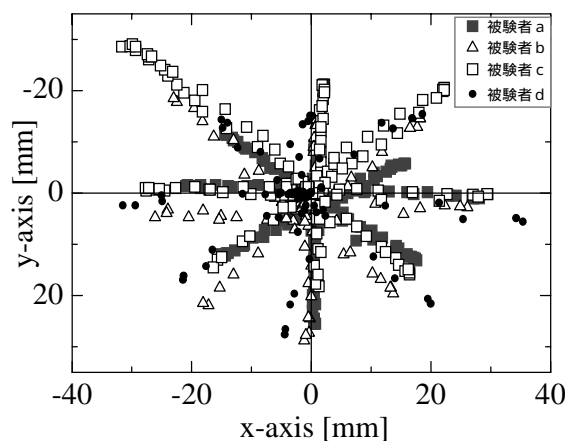
図3 電極の配置

表面筋電図は双極誘導法による導出法を用いる。この方法は、電極で検出された筋電図信号に重畳しているノイズを効果的に抑制できる。電極で検出した筋電図は非常に低い電位の信号なので、これを記録できるように差動増幅器を用いる。筋電図の信号を生体電気用増幅器（日本光電；増幅率 10000 倍，低域遮断周波数 0.08 Hz，高域遮断周波数；off，HUM フィルタ；on）で検出した。検出されたアナログ信号を WE 7000（横河電機製）で

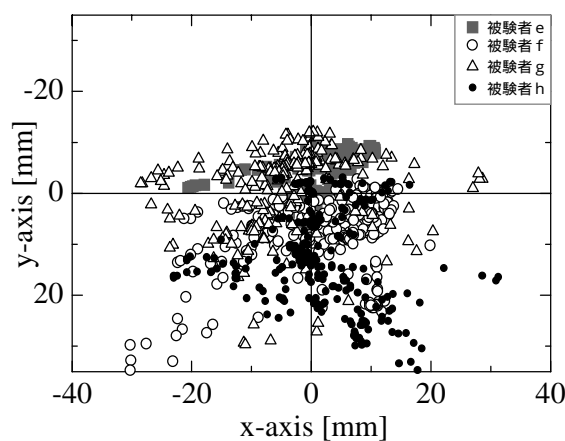
AD変換（サンプリング周波数 10 kHz）し、パソコンに取り込む。図3のように電極を配置する。母指を動作させる基本の動きは図3のように指をまっすぐ伸ばした状態から行うべきであるが、筋ジストロフィー患者の手ではそれは困難であるため、被験者にとって苦にならない手の形から基本の動作を行ってもらい。

3. 結果

母指の下に印をつけた方眼紙をおき、印に沿って動かしてもらい、母指の動いた位置を図4に示す。健常者と DMD 型患者の母指の動いた位置から、x 軸、y 軸の最大と最小の差を表1に示す。



(a) 健常者



(b) DMD 患者

図4 母指の動いた位置

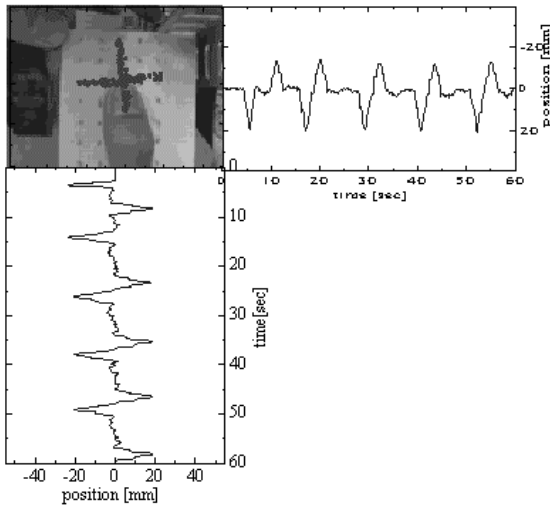


図7 母指の位置と時間の関係

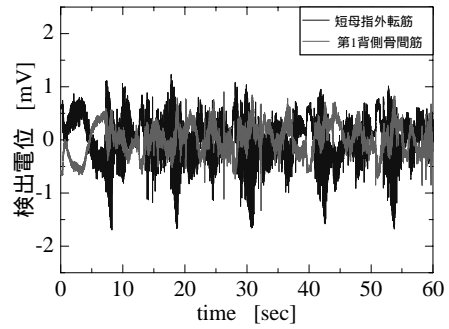
4. 検討

動作検出より病気の進行により母指の屈伸が徐々に出来なくなることが見られる．近位筋優位の病状を示すため，肘までの長い筋で動く屈伸が徐々に出来なくなるためだと考えられる．このことから母指の動きによるポイントの信号検出は，外転，内転の運動を基本とした x 軸方向の動きのみで検出すれば病気がある程度進行した人でも入力装置として使えるのではないかと考えられる．

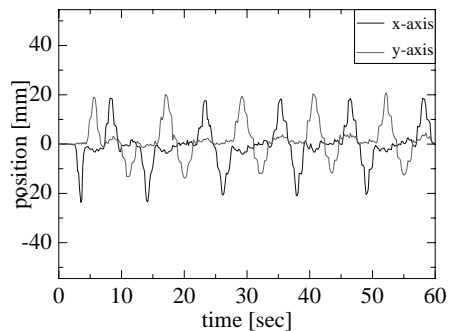
表面筋電図では母指を動かす前にバースト的な電位が検出される．また，動きによるアーチファクトは被験者に関係なく動きによって，同じ方向に出ている．このことから指の動作検出に表面筋電図の利用が可能と考えられる．動作によるアーチファクトを含めるか，アーチファクトを取り除き表面筋電図のみ入力信号として利用出来るかどうか検討していく．

5. 終わりに

筋ジストロフィー患者が指先の小さな動作で操作できる入力装置を考えるため，母指の動作と表面筋電図の測定を行った．今後，母指の動作と表

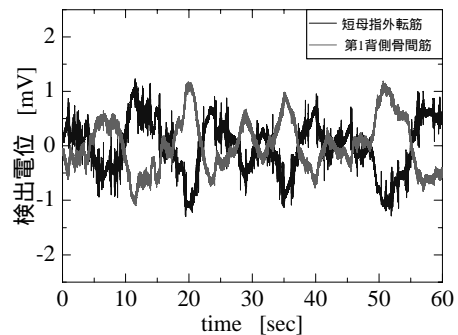


(a) 表面筋電図

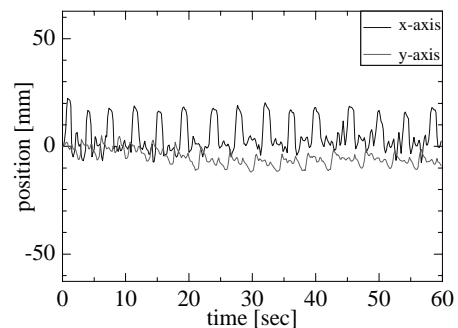


(b) 時間と位置の関係

図7 健常者の表面筋電図と位置



(a) 表面筋電図



(b) 時間と位置の関係 (DMD 患者)

図8 DMD 患者の表面筋電図と位置

面筋電図として測定した電圧波形の定量化を進め、
ポイントの信号として利用できるか検討していく。

謝辞 測定にご協力いただいた道川病院関係の
方々、および、本学医学部生理学第1講座技術専
門職員佐藤紳一氏に感謝します。

参考文献

- [1] 伊藤英一：福祉機器の研究開発，第17回日
本ロボット学会講演会特別セッション別冊資料，
p.27, 1999
- [2]内科学
- [3]在宅患者さんや介護する人々のための筋ジス
トロフィー在宅医療の手引き 改訂版：
[http://www.bekkoame.ne.jp/~y.mineo/toneyam
mokuji.htm](http://www.bekkoame.ne.jp/~y.mineo/toneyam
mokuji.htm)
- [4]藤原哲司著，筋電図・誘発電位マニュアル，金
芳堂，1999年
- [5]中井準之助/[他]編集，解剖学辞典，朝倉書店，
1984年