

## 母指によるスイッチ操作における手部・前腕部の筋負担の評価

日大生産工 (学部)    ○橋本 莉沙, 松尾 謙太郎  
日大生産工                    石橋 基範

### 1 はじめに

携帯型のゲーム機や自動車のステアリングスイッチ等、対象とするデバイスを両手で把持した状態で親指 (母指) によってスイッチを操作する (押す、回す、スライドさせる等) 機器が生活製品に見られる。

そのような機器の操作性を確保するには、手指操作に関係するユーザの特性を幅広くカバーすることが必要である。昨今、人体寸法データベース<sup>1)</sup>が充実してきており、設計に活用されるようになってきた。母指によるスイッチ操作の場合、人体寸法であれば母指の長さ、横幅等が考慮されることが望ましい。

一方で、デバイス内のスイッチ位置は固定のため、指の長短や関節可動域、発揮力の影響は避けられない。例えば、母指が短い人、関節可動域が狭い人は操作時に指を伸ばそうとして筋負担が生じる。また、元々の発揮力が弱い人は、デバイス把持に加えて操作の筋力が要求される。以上から筋負担の考慮も必要と考えられる。筋負担に関して、筋の長さが大きく変わらない等尺性収縮では最大随意収縮 (いわゆる「力一杯」) の10%以下が負担軽減の目安とされる<sup>2)</sup>。しかし、母指で、かつ動きが伴うスイッチ操作での筋負担の評価について実用に耐えうる十分な知見がない。

そこで本研究では、母指によるスイッチ操作性の向上に向けて、母指による操作と関係する手部・前腕部の筋負担の評価を試みた。

### 2 方法

#### 2.1 実験方法

##### (1) 実験参加者

20歳代の大学生で右利きの男女各1名。男子学生(s1)の第一指長は60mmであった (男性の40パーセンタイル相当<sup>1)</sup>・平均的な長さ)。女子学生(s2)の第一指長は54mmであった (女性の10パーセンタイル相当<sup>1)</sup>・短い)。

### (2) 操作課題

new NINTENDO 3DS LL (以下DS・図1) を用い、DSを両手で把持した状態で、毎分148拍の速さで以下の操作課題を各1分間課した。①Aボタンを上から押す (単純押し)、②BボタンとXボタンを交互に押す (上下移動)、③AボタンとYボタンを交互に押す (左右移動)、④AボタンからB→Y→Xの順に押す (時計回り)、⑤4つのボタン (A→B→Y→X) をスライドさせながら押す (スライド)。

DSの把持部は、縦92mm、横160mm、厚さ12mmであり、各ボタン直径は7mmであった。



図1 DSの寸法

### (3) 被験筋の選定・筋電図の計測

母指によるスイッチ操作は、a)操作に直接的に関係する母指の筋活動、b)母指以外の4本の指によるDSの把持と関係する前腕の筋活動、2つから成ると仮定した。DS操作中に筋電図を見ながら予備検討を行い、a)の屈曲/伸展に関係する短母指屈筋、短母指伸筋、b)の屈曲/伸展に関係する浅指屈筋、総指伸筋を被験筋として選定した。

筋電図は、時定数0.01s (母指の動きに伴う基線動揺や低周波成分の除去のため低めに設定)、HFF 100Hz、ノッチフィルタON、サンプリング周波数500Hzでデジタル記録した。

### (4) 実験方法

実験では、最初にMVC (最大随意収縮) を計測した。次に、腕を曲げた状態、腕を伸ばし

Evaluation of muscle load of hand and lower arm in switch operation by thumb

Risa HASHIMOTO, Kentaro MATSUO and Motonori ISHIBASHI

た状態の順に、それぞれの状態で(2)の①～⑤の操作課題を行った。DSを持つ姿勢は普段通りの自然な姿勢としてボタンを押す操作以外では動かないように支えるようにした。

### (5) 主観評価

評価項目は「操作に違和感がある」とした。この項目を6件法で、1～6点で評価した。間隔尺度として量的に扱えるように、強度を表す副詞が等間隔になるよう設定した<sup>3)</sup>。

## 2.2 筋電図の解析方法

各部位について100Hzのローパスフィルタを通して整流後、一つ一つの操作時間である1分間の時間積分値を算出し、1sあたりの量に変換した。その後、%MVCを求めた<sup>2)</sup>。

## 3 結果・考察

図2、図3に、各実験参加者、各操作における全被験筋の%MVCの合計値と主観評価値を示す。これによると「スライド」の操作で筋負担が高く見られることが分かる。同図から、主観評価からも「スライド」を負担と感じていることが分かる。このことから人が負担と感じている動作において、%MVCからも高い筋負担が見られるという傾向が明らかになった。

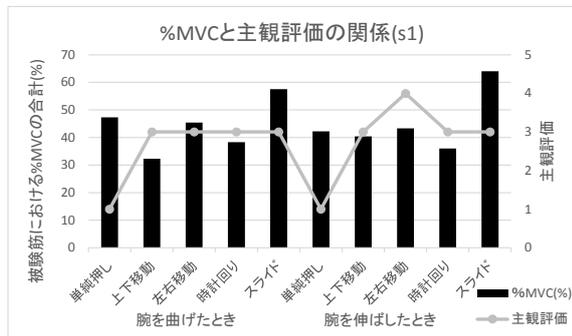


図2 %MVCと主観評価の関係(s1)

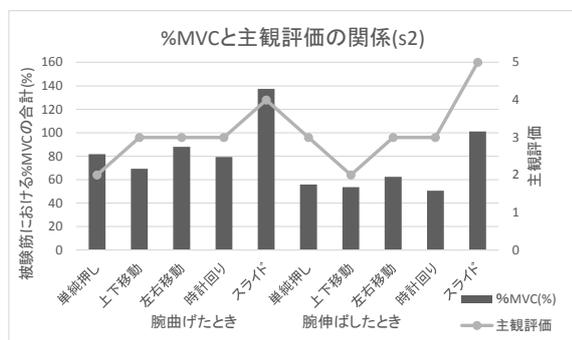


図3 %MVCと主観評価の関係(s2)

そこで、「スライド」の操作に着目して、各被験筋での筋負担を検討した(図4)。まず、指の短い人(s2)は、腕を伸ばした状態に比べて曲げた時の筋負担が全体的に大きかった。等尺

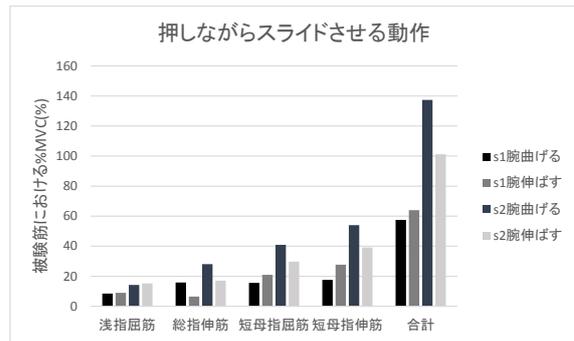


図4 「スライド」での各被験筋の%MVC

性収縮と見なせる浅指屈筋と総指伸筋では%MVCが10%を超えており<sup>2)</sup>、長時間の使用により負担が顕著になる様子が推測される。また、母指では、腕を曲げた状態の方が%MVCは大きく、筋負担が高いことが伺えた。

また、指の長い人(s1)は、等尺性収縮に関して腕を曲げたとき浅指屈筋のみで%MVCが10%を超えており、前腕での把持に負担が発生する可能性がある。母指の%MVCは腕を伸ばした時に大きくなった。総指伸筋の%MVCは腕を曲げた状態で15%、腕を伸ばした状態では前腕の筋肉が使いにくいいため、母指だけを使う傾向があると考えた。

以上より、「スライド」ではDSの把持姿勢によって%MVCの挙動に個人差があると考えられる。また、今回の結果からは、指が長い人が腕を伸ばしたとき、指の短い人は腕を曲げたときに筋負担が大きくなることが分かった。

一方、指の位置移動の必要がない単純押し操作と、上下・左右の移動が伴う動作の%MVCを比較すると、大差がないことから、指の位置の移動の有無は筋疲労にさほど影響がないことが伺える。

## 4 今後の課題

実験参加者を増やし、より一般性のある結果を導く。また、違和感が母指、手の甲、前腕等のどこに現れているか検討するために、主観評価方法の改善の必要がある。

### 「参考文献」

- 1) 生命工学工業技術研究所(編), 設計のための人体寸法データ集(1996)
- 2) 加藤象二郎 他, 初学者のための生体機能の測り方 第2版(2010)
- 3) 鎌原雅彦 他, 心理学マニュアル質問紙法(2013) p.14-17.

本研究は日本大学生産工学部「人を対象とする研究倫理審査委員会」の承認を得て実施した。