

平成 30 年 5 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14619

研究課題名(和文) 動作アシストに対する筋のアダプタビリティに関する基礎的研究

研究課題名(英文) Fundamental study of human adaptability to external assistance for physical movement

研究代表者

村木 里志 (MURAKI, SATOSHI)

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号：70300473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：近年、人間の動作をアシスト(援助)する機器の開発が急速に発展している。アシスト機器を使用する場合、その機械と使用者である人間が協働して作業を行わなければならない。そのため、アシスト機器の開発においては、人間の外的アシストに対する生理的応答や適応について理解する必要がある。このような背景から本研究では、等尺性肘関節屈曲運動を対象としてアシスト中の筋活動を検討し、次の知見を得た。1) アシストの効果(主動筋活動軽減)は若年者に加え高齢者においても認められる。2) アシストの効率は運動負荷およびアシスト力のレベルによって変化する。

研究成果の概要(英文)：The development of assistive technology for human movement has progressed rapidly. The effective output of assistive devices needs appropriate coordination between users, i. e., humans and the machines. Therefore, the human physiological response and adaptation to external assistance should be considered when developing such devices. Given this background, we performed a study to evaluate the response of human muscles to external forces that assist with isometric knee extension. We observed the following: 1) Assistive forces relieve the exertion in the agonist muscles during isometric elbow flexion in both young and elderly individuals. 2) Effectiveness of assistive forces changes based on the level of the workload and the assistive force.

研究分野：人間工学

キーワード：テクノアダプタビリティ 福祉 アシスト 筋活動

1. 研究開始当初の背景

近年、人間の動作のエンジンとなる筋力をアシスト（援助）する機器の開発が発展している。例えば、人間の関節運動に働きかけるアシストスーツ（パワードスーツ）は、リハビリテーションや介護、さらには工場等の身体労働の現場にて導入が試みられている。

このようなアシスト機器を開発する場合、アシストに対する人間の筋・神経系の適応能（アダプタビリティ）を考慮しなければならない。本研究では、肘関節屈曲の等尺性運動を対象とし、アシスト中の筋活動の応答および適応特性を検討し、人間（筋）とアシストの望ましいインタラクションを考える。

2. 研究の目的

アシストは主に発揮される筋力に対して、機械の力をプラスし、より大きな力を発揮する、もしくは身体負担を減らす試みが行われる。しかし、必ずしもそれは1（機械側）+1（人間側）=2にならない。アシスト機器側の物理的効率面もあるが、図1のように、発揮筋力から想定される外的発揮力と実際に成される外的発揮力のずれ（ギャップ）が運動制御を混乱させ、アシストの効果を低減させる可能性がある。一方で、アシスト機器の繰り返し利用は、上述したギャップに対して巧く対応できるようになり、アシストの効果を最大限に発揮できるように運動制御機能が適応することも考えられる。

以上の背景から本研究では、アシストを容易に再現できる肘関節屈曲の等尺性運動を対象とし、次の3点を明らかにする。

研究① アシストを伴う身体運動における筋活動応答の特性

研究② アシストに対する筋活動応答の年齢差（若年者と高齢者の比較）

研究③ アシストを伴う筋運動を繰り返すと、アシストに対する適応が起こるか（アシストを効果的に利用できるようになるか）

本研究により筋・神経系に潜在している新たな能力が探られ、そしてその知見は真に望ましいアシストテクノロジーと人間のインタラクションの誘導に結びつくことが期待できる。

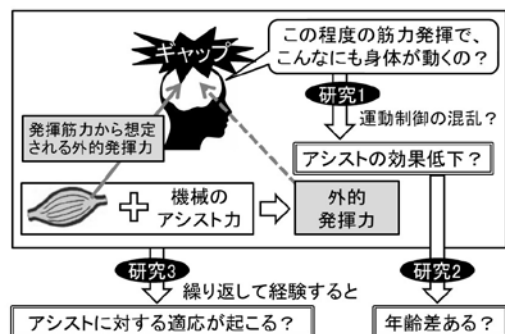


図1 研究目的の概要

3. 研究の方法

研究①アシストを伴う身体運動における筋活動応答の特性

(概要)

手首に装着した重りを肘関節屈曲運動によって保持する等尺性筋収縮運動に対して、アシスト(前腕を持ち上げる)を行い、筋収縮の運動強度およびアシストの程度によって、アシストの効果が変化するかを検討した。

(方法)

被験者は健康な若年成人男性 25 名とした。被験者は座位姿勢をとり、上腕を下垂し、前腕を水平(肘角度直角)にした状態にて重りを保持する(重りは手首部に装着する)課題を行わせた(図2・タイプA)。重りは事前に最大等尺性筋収縮力(上記姿勢で一定時間保持できる重りの重さ)を計測し、その20および40%とした(以下、20%Wmax、40%Wmax)。実験では初めはアシストなしで重りを保持し(この場合、肘関節角度は一定とし、等尺性筋収縮を行う)、10秒後に肘関節運動のアシスト(前腕中部を一定の力で持ち上げる)を行った。アシストの程度は理論上50%および100%をアシストするレベルとした。

課題中に表面筋電位(主動筋:上腕二頭筋、拮抗筋:上腕三頭筋)の測定を行った。また被験者には主観的運動強度を回答させた。

研究②アシストに対する筋活動応答の年齢差(若年者と高齢者の比較)

(概要)

手首に装着した重りを肘関節屈曲運動によって保持する等尺性筋収縮運動に対して、アシストを行い、筋収縮の運動強度およびアシストの程度によって、アシストの効果が変化するかを若年者および高齢者を対象として検討した。

(方法)

被験者は高齢者男性 11 名および若年男性 12 名とした。

被験者は座位姿勢をとり、上腕を下垂し、前腕を水平(肘角度直角)にした状態にて、等尺性の肘関節屈曲運動を行わせた。手首には張力センサ・ワイヤが取り付けられたベルトが装着され、張力センサによって計測された張力を被験者にディスプレイを通して提示した(図2タイプB)。

負荷条件は、事前に計測した最大等尺性筋収縮力の20および40%とした(以下、20%Wmax、40%Wmax)。被験者には実験課題中、ディスプレイ上の張力値をアシストの有無に関わらず一定に保つように指示した。実験課題では、初めはアシストなしで所定の負荷を保持させ、その後には肘関節運動のアシスト(前腕中部を一定の力で持ち上げる)を行った。アシストの程度は理論上50%および100%をアシストするレベルとした。

課題中に表面筋電位(主動筋:上腕二頭筋、

拮抗筋:上腕三頭筋)の測定を行った。また被験者には主観的運動強度を回答させた。

研究③アシストを伴う筋運動を繰り返すと、アシストに対する適応が起こるか

(概要)

肘関節屈曲の等尺性運動を対象とし、アシストを伴う運動を繰り返し行った場合にアシストの効果が高まるかを検討した。

(方法)

被験者は健康な成人男性 19 名とし、アシストトレーニング(T)群とコントロール(C)群に分けた。

実験は 4 日間実施した。1 日目(トレーニング前)と 4 日目(トレーニング後)は両群とも次の課題を行った。運動負荷およびアシスト付与方法は研究③と同様である(図 2 タイプ B)。負荷条件は、事前に計測した最大等尺性筋収縮力の 30%とした。被験者には実験課題中、ディスプレイ上の張力値をアシストの有無に関わらず一定に保つように指示した。

2 日目と 3 日目は、T 群においては 1 日目と同様の課題を 15 回繰り返した。一方、C 群は T 群と同じ課題を行うが、アシストは付与されず、最大等尺性筋収縮力の 15%を維持する課題を行った。

課題中、主動筋である上腕二頭筋および拮抗筋である上腕三頭筋の筋電図および張力値の変動から求めた力調節安定性(張力値の変動に基づく)を計測・分析した。

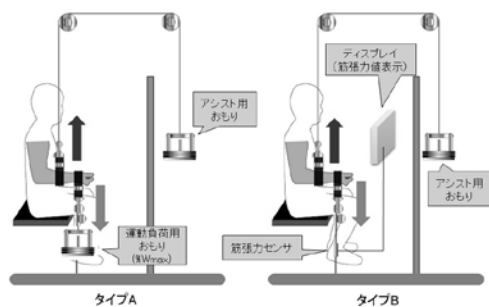


図 2 運動負荷・アシスト装置

4. 研究成果

(研究 1)

主動筋である上腕二頭筋の筋活動量(平均振幅)や主観的運動強度からみたアシストの効果は、運動強度およびアシストの程度によって変化した(図 3)。高強度負荷(40%Wmax)ではアシストによる有意な低下が認められたが、低強度負荷(20%Wmax)ではそれは認められなかった。また、アシストの効果が認められた高強度負荷(40%Wmax)においても、アシスト 50%と 100%間の有意な差は認められなかった。以上のことから、アシストが受け入れやすい条件とそうでない条件があることが示唆された。

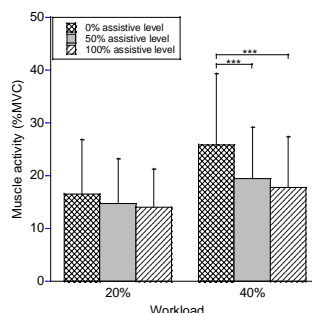


図 3 主動筋である上腕二頭筋の筋活動量(平均振幅)の比較(Nasir N. et al. 2017, Movement, Health & Exercise 6(2): 35-52)

(研究 2)

若年者および高齢者とも、主動筋である上腕二頭筋の筋活動量(平均振幅)や主観的運動強度はアシストの付与により有意に減少した。しかしながら、若年者と高齢者の間に有意な差は認められなかった。一方、主観的運動強度においては、若年者では減少する傾向がみられたが、高齢者ではそのような傾向はみられなかった。以上のことから、高齢者においても若年者と同様にアシストの効果が認められるが、アシストの効果の知覚は異なることが示唆された。

(研究 3)

1 日目および 4 日目とも主動筋の筋電図振幅はアシストによって減少した。一方、1 日目と 4 日目の結果を比較すると、両群とも拮抗筋の筋電図振幅値が減少した。さらに T 群では力調節安定性が向上した。拮抗筋は主動筋に対して抵抗的に働き、関節トルクの大きさを調節する役割がある。アシストを繰り返し利用することによって、そのアシストに対して効率の良い力調節のスキルを獲得したことが示唆された。

(最後に)

これらの一連の研究により、身体動作に対して筋負荷を軽減するためのアシストを付与した場合、人間側はそのアシストに対して、特異的な筋応答を示した。

本研究ではアシストに対する筋応答を明確化するため、単純な肘関節等尺性運動を対象とした。しかし、実際の人間の生活動作を成立する関節運動は多様かつ複雑である。今後は生活動作をアシストする場面を想定したアシストに対する人間側の適応能を検討していく予定である。

<倫理的配慮>

本研究は九州大学大学院芸術工学研究院の実験倫理委員会の承認を受けて実施した。

<謝辞>

本研究にご協力頂きました被験者の皆様に感謝申し上げます。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Nursalbiah Nasir, Keisuke Hayashi, Ping Yeap Loh, Satoshi Muraki (2017) The effect of assistive force on the agonist and antagonist muscles in elbow flexion. Movement, Health & Exercise 6(2): 35-52
DOI: <http://dx.doi.org/10.15282/mohe.v6i2.139>
- ② Nursalbiah Nasir, Keisuke Hayashi, Ping Yeap Loh, Satoshi Muraki (2017) Comparison of muscle adaptation toward assistive force between the young and elderly. 人間工学 53(S2): S362-S365
DOI: <https://doi.org/10.5100/jje.53.S362>
- ③ 阮 至廷, LOH Ping Yeap, 村木里志 (2017) 電動台車による操作者の歩行特性に関する基礎的研究. 人間工学 53: S160-S161
DOI: <https://doi.org/10.5100/jje.53.S160>
- ④ 村木里志 (2015) 高齢者の生活・介護を助けるアシスト機器. 人間工学 5①: S36-S37
DOI: <https://doi.org/10.5100/jje.51.S36>

[学会発表] (計 7 件)

- ① Satoshi Muraki, Keisuke Hayashi, Nursalbiah Nasir, Ping Yeap Loh (2017) Muscle activity to assistive force during isometric elbow flexion. 2017 Symposium of the Society for the Study of Human Biology & International Association of Physiological Anthropology, Loughborough, UK, Sep 2017
- ② Nursalbiah Nasir, Keisuke Hayashi, Ping Yeap Loh, Satoshi Muraki (2017) Comparison of muscle adaptation toward assistive force between the young and elderly. The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design (ACED2017). 千葉県 Jun 2017
- ③ 阮 至廷, Loh Ping Yeap, 村木里志 (2017) 電動台車による操作者の歩行特性に関する基礎的研究. 日本人間工学会第 58 回大会, 千葉県 2017 年 6 月
- ④ 林 敬佑, Loh Ping Yeap, Nursalbiah Nasir, 村木里志 (2016) 等尺性肘関節屈曲動作のアシスト時における筋活動特性. 日本人間工学会 九州・沖縄支部 平成 28 年度第 37 回支部大会, 佐賀県, 2016 年 10 月
- ⑤ Satoshi Muraki, Nursalbiah Nasir, Keisuke Hayashi, Ping Yeap Loh (2016) Human physiological adaptation to assistive technology. Unist-JPA Joint Symposium 2016, South Korea, Sep 2016
- ⑥ Nursalbiah Nasir, Keisuke Hayashi, Ping Yeap Loh, Satoshi Muraki (2015) Effect of assistive force on the biceps and triceps brachii under isometric elbow flexion. International Conference on Movement, Health and Exercise (MoHE) 2015, Penang, Malaysia, Oct 2015

- ⑦ 村木里志 (2015) 高齢者の生活・介護を助けるアシスト機器(シンポジウム:高齢者の生活および介護とロボット・アシスト機器). 日本人間工学会第 56 回大会, 東京都, 2015 年 6 月

6. 研究組織

(1)研究代表者

村木 里志(MURAKI Satoshi)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号:70300473

(2)研究分担者

福田 修(FUKUDA Osamu)
佐賀大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号:20357891

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

Nursalbiah Nasir
Faculty of Mechanical Engineering Universiti
Teknologi MARA, マレーシア, 講師
(2017 年 3 月まで九州大学大学院芸術工学府
芸術工学専攻博士後期課程)

Loh Ping Yeap

九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻
博士後期課程(2015 年 4 月~2017 年 3 月)
日本学術振興会特別研究員(2017 年 4 月~
2017 年 8 月)
九州大学・大学院芸術工学研究院・助教(2017
年 9 月~)

林 敬佑(HAYASHI Keisuke)

九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻
修士課程(2015 年 4 月~2017 年 3 月)

阮 至廷(JUAN Chih Ting)

九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻
修士課程(2016 年 4 月~2018 年 3 月)