

令和 2 年 7 月 9 日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01608

研究課題名(和文) 切断肢の内部組織構造と義肢の制御に関わる研究

研究課題名(英文) Research on internal tissue structure of amputated limbs and control of prostheses

研究代表者

中村 隆 (NAKAMURA, TAKASHI)

国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 義肢装具技術研究部・義肢装具士長

研究者番号：40415360

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は切断肢と義肢の適合評価とソケットの設計に関する研究である。具体的には、断端のMRIを用いて断端の解剖学的評価を行い、断端の内部組織構造、すなわち筋組織と脂肪組織の比率を算出し、断端の特徴を明らかにした。また、断端の粘弾性を計測し、断端が被切断しに比べて柔らかく、その硬さは筋量に比例することを示唆する結果を得た。断端の筋量は断端の筋力と関係がある。徒手筋力計による断端の筋力測定法の妥当性と信頼性を検証した。また、実際の義足ソケットは立位で荷重をかけるものであるため、大腿切断者1名の立位時のMRI画像を取得した。臥位画像との比較により、近位と遠位部に軟部組織の形状の違いが認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

義肢の適合評価のための最適な尺度はほとんど見当たらず、ひいては工学的な研究に関連付けが可能な研究は少ない。本研究はこの問題領域に正攻法で取り組む課題であり、適合の指針が示された場合の切断者に対する貢献度は高い。また、研究者の所属機関では1000名以上の切断者の義足を製作・供給してきた実績があり、より良い適合を求める切断者の声に応えることができる。本研究は、義肢装具士という人間の技術と装着者の主観に依存していた義肢の適合評価を、より客観的に理解し、根本から見直すものである。より良い適合状態を知る指針を得ることが可能となれば、技術の教育並びに伝達にも寄与することができる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to evaluate the socket fitting between amputated limbs(stumps) and prostheses, and develop new design method of prosthetic sockets. Specifically, we performed anatomical evaluation of the stump using MRI, calculated the internal tissue structure of the stump, that is, the ratio of muscle tissue to adipose tissue, and clarified the characteristics of the stump. Moreover, the viscoelasticity of the stump was measured, and the result was suggested that the stump was softer than the sound side and its hardness was proportional to the muscle mass. The validity and reliability of the stump muscle strength measurement method using a manual dynamometer was verified. In addition, the actual prosthetic socket is one in which the load is applied in a standing position. An MRI image of one standing trans-femoral amputee was acquired. By comparison with the recumbent posture, a difference in the shape of soft tissue was observed in the proximal and distal parts.

研究分野：義肢装具学

キーワード：義足 義手 適合 画像解析 MRI

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

義肢ソケットは断端の力の伝達効率を向上させるために、断端そのものの形状ではなく、解剖学的解釈に基づきデザインされている。ソケットを装着すると、断端はソケットの形状に合わせて変形する。この時、断端の変形量とソケット形状が適当であれば、ソケットが適合していると考えられる。しかし、断端の変形のしやすさは、切断者と異なり、さらに同じ断端でも前後左右の部分でも異なる。従って、ソケットのどこをどの程度変形させ、どのような形状にするかは現在のところ推測の域を出ていない。現行のソケットの製作は、断端に石膏ギプスを巻いて形状を採型する方法であり、この工程は義肢装具士の技術に大きく依存している。また、ソケットの形状やきつさ・緩さといったソケットの適合については切断者の主観的評価に依存する部分が多い。

我々はこれまでに、ソケットの適合状態を数値化すべく、ソケット適合のパラメータとして断端の組織組成と粘弾性に着目し、断端のMRI画像から断端の周径や筋・脂肪組織比率、および、押し込み反力計を用いた断端の硬さ(いわゆる粘弾性)の数値化を試みている。さらにソケット装着の有無による断端の変形量と硬さの変化量が相関することを見出している。

2. 研究の目的

本研究は切断肢と義肢(義手と義足)の適合評価とソケットの設計に関する研究である。具体的には、切断肢(以下、断端と称す)の内部組織構造、すなわち筋組織と脂肪組織の量と比率が断端の体積、形状および粘弾性に与える重要な因子と考え、それらに基づく義肢ソケットの設計、および義肢の制御(操作のしやすさ)との関係を明らかにすることである。断端のMRIまたは超音波画像をもちいて断端の解剖学的評価を行い、断端の成熟過程と成熟した断端に対するソケットデザインの提案および力の伝達効率等の義肢の制御効率との関係を明らかにすることにより、客観的な義肢の適合評価を行うことを最終目的とする。

3. 研究の方法

画像による断端内部組織構造の定量化

切断者のMRI画像を用いた筋・脂肪組織の断端内部組織構造を定量する。MRI画像において筋・脂肪組織は、明度の違いにより判別可能であり、組織形状の把握と断面積の算出が可能である。断端の筋・脂肪組織の分布は、切断者の年齢や切断からの期間、歩行量によって大きくことなると予想され、多数の切断者のMRI画像を集積し、解析結果をデータベース化する。

断端形状および弾性値の計測と組織構成との相関

断端およびソケット装着時の断端の硬さを押し込み反力計により取得する。これらの計測値とMRI画像から得られた断端の形状および組織構成との関連性を明らかにする。

断端の筋力および歩行能力といった義肢制御能力と義肢の適合評価項目の選定とプロトコルの確立

断端の筋力計測手法について、徒手筋力計を用いた計測方法の妥当性と再現性を明らかにする。そのうえで、断端の軟部組織構成、筋力および義肢の制御能力の関係を明らかにする。

立位MRIによる断端の質的評価

これまでMRI計測は臥位の状態で行っていたが、立位計測が可能なMRIを用いることにより、より実際の装着状態に近いデータを取得可能である。これまでのデータとの比較を試みる。

4. 研究成果

画像による断端内部組織構造の定量化

片側大腿切断者11名と。片側大腿片側下腿切断者2名、両側大腿切断者2名の計15名の大腿切断者の近位部の断面画像を取得し、筋・脂肪の面積を算出、反対側との比較や年齢及び切断歴との関係を求めた。その結果、反対側に比べて断端は萎縮し、主に筋の萎縮が著しいこと、筋の萎縮は筋によって大きく異なること、萎縮の割合は年齢や切断歴と負の相関があることを明らかにした。

断端形状および弾性値の計測と組織構成との相関

健常者と片側大腿切断者の大腿部(以下、健側)ならびに断端の硬さを押し込み反力計で計測し、硬さに影響すると考えられる軟部組織厚との関係性を明らかにした。健常者における脂肪組織厚と硬さとの関係には有意な負の相関があった。切断者の健側と断端における脂肪組織厚と硬さとの関係は、それぞれ弱い負の相関と正の相関が見られた。筋組織厚と硬さの関係は、すべてのグループにおいて負の相関が見られた。断端の筋組織厚と軟部組織の硬さの関係は有意な相関があった。この結果、MRIによる組織構造解析から断端の硬さを推測できる可能性が示唆された。

断端の筋力および歩行能力といった義肢制御能力と義肢の適合評価項目の選定とプロトコルの確立

断端の筋力計測手法の妥当性と再現性について、大腿切断者 6 名を対象として験者間差および再現性の確認を行った。その結果、験者間差はほぼ無く、再現性については屈曲・内転・外転については再現性有りの結果を得た。ただし伸展方向については被験者間の差が大きかった。

立位 MRI による断端の質的評価

金沢大学の協力により、大腿切断者 1 名の立位 MRI の画像を取得した。臥位での画像との比較により、近位と遠位部に軟部組織の形状の違いが認められた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中村隆、三ツ本敦子、沖田祐介、丸山貴之、前野正登、飛松好子	4. 巻 35
2. 論文標題 MRIによる大腿切断端の軟部組織解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本義肢装具学会誌	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 4.三ツ本敦子、中村隆、丸山貴之、沖田祐介、前野正登、飛松好子.
2. 発表標題 義足歩行訓練前後における大腿切断者の断端軟部組織の変化
3. 学会等名 第35回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsumoto, A., Nakamura, T., Maruyama, T., Maeno, M., Tobimatsu, Y.
2. 発表標題 The Characteristics of the Soft Tissue of the Residual Limb in Persons with Transfemoral Amputation using MRI Analysis.
3. 学会等名 17th World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics. 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maruyama, T., Nakamura, T., Mitsumoto, A., Maeno, M., Miyati, T., Ohno, N., Tobimatsu, Y.
2. 発表標題 Shape Measurement of Transfemoral Residual Limb on Standing Magnetic Resonance Imaging: A Preliminary Study with a Single Subject.
3. 学会等名 17th World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics. 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村隆
2. 発表標題 高機能膝継手の適応～非電子制御イーリング機構のエビデンス～
3. 学会等名 第35回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸山貴之, 中村隆, 三ツ本敦子, 前野正登, 飛松好子
2. 発表標題 立位MRIによる大腿切断端およびソケット形状の計測
3. 学会等名 第34回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村隆, 三ツ本敦子, 丸山貴之, 前野正登, 飛松好子
2. 発表標題 大腿切断端の軟部組織組成に関する考察
3. 学会等名 第33回日本義肢装具学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三ツ本敦子, 中村隆, 丸山貴之, 前野正登, 飛松好子
2. 発表標題 大腿切断端の硬さとその要因に関する考察
3. 学会等名 第33回日本義肢装具学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 丸山貴之、中村隆、三ツ本敦子、前野正登、飛松好子
2. 発表標題 大腿ソケット形状の定量的考察
3. 学会等名 第33回日本義肢装具学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakamura Takashi, Yusuke Okita
2. 発表標題 Postural asymmetries in persons with a unilateral transhumeral upper limb amputation
3. 学会等名 Myoelectric Conrtolls Symposium 17 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	丸山 貴之 (MARUYAMA TAKAYUKI) (30727160)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・その他部局等・学院教官(併任研究所) (82404)	
研究分担者	三ツ本 敦子 (MITSUMOTO ATSUKO) (50723780)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所義肢装具技術研究部・義肢装具士 (82404)	
研究分担者	沖田 祐介 (OKITA YUSUKE) (00784357)	国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所義肢装具技術研究部・流動研究員 (82404)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	内藤 尚 (NAITO HISASHI) (40392203)	金沢大学・フロンティア工学系・准教授 (13301)	