

MRIによる大腿切断端の軟部組織解析

中村 隆¹⁾ 三ツ本敦子¹⁾ 沖田 祐介¹⁾ 丸山 貴之²⁾
前野 正登³⁾ 飛松 好子¹⁾

キーワード 義足, ソケット, 適合, 筋, 萎縮

抄録

大腿切断者 15 名 (片側切断者 11 名, 両側切断者 4 名) の断端および健側大腿部の MRI 画像を取得し, 坐骨結節下の断面画像から軟部組織の断面積を算出して比較した. 全ての片側切断者において断端は健側に比べて断面積は小さく, 対健側比の平均値は $80.0 \pm 6.0\%$ であった. 筋断面積の対健側比は切断者の年齢や切断歴と相関した. 筋の中でも大殿筋と大腿四頭筋の萎縮が大きい一方, 内転筋群の萎縮は小さく, 逆に長内転筋は断端の方が断面積は大きかった. また, 義足歩行をする片側切断者と義足歩行をしない両側大腿切断者の断端の筋の構成比を比較すると, 両側大腿切断者の方が大殿筋の萎縮が大きい, 内転筋群の萎縮は差がなかった.

1. はじめに

下肢切断者に対する義足製作と歩行訓練を進める上で, 断端の軟部組織に関する情報を得ることはきわめて重要である. 断端を構成する筋と脂肪の分布は, 断端の硬さやソケットの形状と密接に関係し, 残存下肢の筋力や歩行能力に影響を及ぼすことは容易に推測できる. しかし, 近年の画像処理技術の進歩にも関わらず, 断端の軟部組織に関する報告は少ない¹⁻⁴⁾.

Jaegers ら¹⁾ は, MRI により股関節の運動に関与する筋の容積を算出し, 健側に対する断端の筋萎縮量を算出した. 筋萎縮の考察から大腿高位切断における拘縮と切断術との関係について議論している. また, 鈴木ら²⁾ は, 異なる断端長の大腿切断者の MRI 画像の解析から, 筋停止が遠位の筋ほど萎縮が大きく, 切断されていない筋でも萎縮の傾向があること, 断端の筋力と筋断面積がほぼ比例することを報告している. しかし, これらの報告は, 断端の萎縮に大きな影響を与えると考えられる年齢や切断からの期間, および義足歩行との関係については言及していない.

今回, 断端の萎縮に関与する因子を明らかにする目的で, 片側および両側切断者を対象として, 大腿切断端および反

対側大腿部の MRI 画像を取得し, 坐骨結節下の高位における断面画像から軟部組織の断面積を算出して比較した. その結果, 片側切断者における断端の健側に対する面積比と切断者の年齢や切断歴との関係を明らかにし, さらに, 片側切断者と両側切断者の断端の筋の構成比を比較することにより, 義足歩行と断端を構成する筋との関係について考察したので報告する.

2. 対象

被験者は, 国立障害者リハビリテーションセンターで義足製作を行った断端に愁訴がない断端長 20 cm 以上の大腿切断者 15 名 (片側切断者 11 名, 両側切断者 4 名, すべて男性) である. 平均年齢は 48.6 ± 17.5 歳, 平均切断歴 13.3 ± 12.2 年である. 被験者の基本属性を表 1 に示す.

義足の使用状況は被験者により異なる. 被験者 A~L は日常的に義足歩行を行い, 活動レベルは屋外歩行自立である. 両側大腿下腿切断者である被験者 M は, 義足歩行は屋内歩行自立であるが, 屋外移動は車椅子を使用している. 両側大腿切断者である被験者 N は定年までは義足を装着していたが, 主な移動は車椅子で, 義足使用は短距離移動

2018 年 6 月 8 日受付

MRI analysis of the soft tissues of the residual limbs in persons with transfemoral amputation

1) 国立障害者リハビリテーションセンター研究所 〒359-8555 埼玉県所沢市並木 4-1

National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, Research Institute

4-1 Namiki, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-8555 Japan

Takashi NAKAMURA (義肢装具士), Atsuko MITSUMOTO (義肢装具士), Yusuke OKITA (研究員), Yoshiko TOBIMATSU (医師)

2) 国立障害者リハビリテーションセンター学院

Takayuki MARUYAMA (義肢装具士)

3) 国立障害者リハビリテーションセンター病院

Masato MAENO (臨床検査技師)

表 1 被験者の基本属性

| 被験者 | 切断肢数 | 原因 | 年齢 (歳) | 切断歴 (年) | 切断側 | 断端長 (cm) | 主な移動手段 |
|-----|------|-----|--------|---------|------------|-----------------------------------|--------|
| A | 1 | 外傷 | 31 | 0.4 | 右 | 30.0 | 義足 |
| B | 1 | 外傷 | 31 | 0.7 | 右 | 31.2 | 義足 |
| C | 1 | 外傷 | 19 | 1 | 右 | 26.5 | 義足 |
| D | 1 | 外傷 | 50 | 2 | 左 | 24.2 | 義足 |
| E | 1 | 腫瘍 | 30 | 6 | 右 | 27.5 | 義足 |
| F | 1 | 腫瘍 | 48 | 14 | 左 | 22.7 | 義足 |
| G | 1 | 外傷 | 68 | 20 | 右 | 22.5 | 義足 |
| H | 1 | 外傷 | 50 | 22 | 右 | 26.5 | 義足 |
| I | 1 | 外傷 | 44 | 30 | 右 | 20.2 | 義足 |
| J | 1 | 外傷 | 60 | 31 | 左 | 21.0 | 義足 |
| K | 1 | 外傷 | 64 | 35 | 右 | 24.0 | 義足 |
| L | 2 | 外傷 | 28 | 1 | 右大腿 左下腿 | 26.5 | 義足 |
| M | 2 | 外傷 | 74 | 10 | 右大腿 左下腿 | 27.2 | 義足と車椅子 |
| N | 2 | 外傷 | 62 | 18 | 両側 | 24.5 (右) [*] 10.2 (左) | 車椅子 |
| O | 2 | 感染症 | 69 | 7 | 両側 | 25.4 (右) 25.0 (左) | 電動車椅子 |

※右断端のみを解析対象とした。

に限定されていた。退職後は義足を装着せず、移動手段は車椅子のみで生活をしている。被験者 O は義足歩行訓練において義足歩行を獲得したが、日常生活では義足を使用せず、移動は電動車椅子である。

3. 方法

MRI の撮像は Siemens 社製 MRI (3.0 Tesla) を使用し、安静仰臥位の姿勢で対象者の大腿部 (股関節から膝関節) の画像を取得し、断面積を算出した。

軟部組織構成の比較には、次に設定する高位での横断面画像を用いた。切断者 A~M においては非大腿切断側の大腿直筋上の筋長近位 1/4 部の高位 (坐骨結節より遠位約 3 cm に相当) において、大腿骨と直行する横断面の画像を用いた。断端側は非大腿切断側の位置を転写した高位において、同様に断面画像を取得した。両側大腿切断者の被験者 N, O の 2 名については、坐骨結節から 3 cm 遠位の高位における断面画像を使用した。両側大腿切断者の被験者 O については左右差がほとんどなかったため、左右の断面積の平均値を代表値とした。

断面積の算出は、DICOM 画像処理ソフトウェア OsiriX MD (Ver.8.0.1) を用いて、断端および非大腿切断側大腿部を構成する各要素 (骨、筋) の輪郭をトレースして算出した。一例として被験者 E の断面画像を図 1 に示す。また、全断面積から大腿骨および筋の断面積の合計を引いた面積を「脂肪・その他」と分類した。

解析にあたっては、まず片側切断者の断端および健側の断面積と各構成要素の断面積を求め、各面積および全断面積に対する各構成要素の占める割合 (面積比) を比較した。

また、断端側断面積を健側断面積で除した値を対健側比と定義し、各構成要素および各筋の対健側比を比較した。さらに、それらの対健側比と年齢および切断歴との相関を求めた。また、断端および健側の横断面に占める筋の割合を筋面積比と定義し、年齢および切断歴との相関を求めた。一方、両側切断者においては筋全体に占める各筋の割合を求め、片側切断者との比較を行った。

統計的解析は、Shapiro-Wilk 検定によりデータの正規性を確認した後、断端と健側の断面積および面積比の平均値の比較は対応のある *t* 検定を行った。対健側比および筋面積比と年齢および切断歴との相関は Pearson の相関係数を求めた。各検定の有意水準は 5% 未満とした。

本研究は国立障害者リハビリテーションセンター倫理審査委員会の承認 (承認番号 28-177) を得たのち、被験者に十分な説明を行い、同意のもと実施された。

4. 結果

4-1 片側大腿切断者における断端と健側の比較

片側大腿切断者の断端および健側の平均断面積と対健側比を表 2 に示す。

全ての片側切断者において、断端の断面積は健側に比べて有意に小さく、対健側比の平均値は $80.0 \pm 6.0\%$ であった。また、断端の構成要素の中でも筋の断面積が有意に減少していた。これに対し、「脂肪・その他」に有意差は認められなかった。断端を構成する各筋の断面積を比較すると、大殿筋、大腿四頭筋、縫工筋、恥骨筋、短内転筋、大内転筋が有意に減少していた一方、長内転筋の平均断面積は断端の方が大きかった。

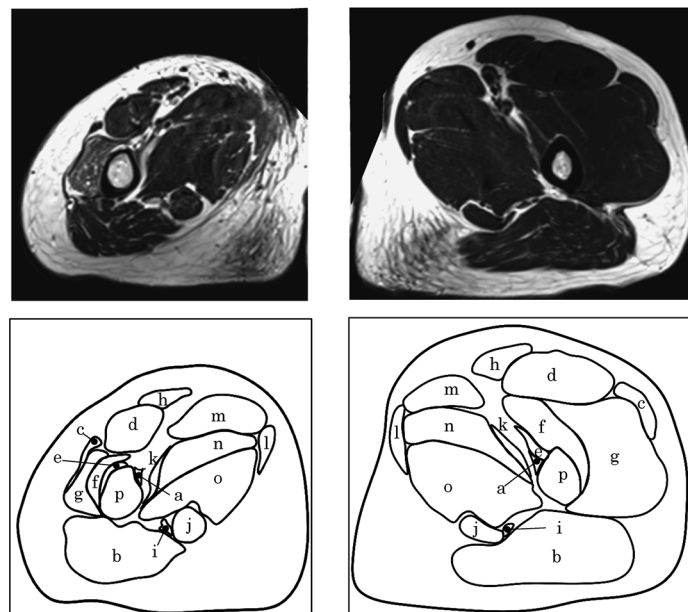


図 1 被験者 E の断面画像（左：断端，右：健側）とトレース図

a：腸腰筋，b：大殿筋，c：大腿筋膜張筋，d：大腿直筋，e：内側広筋，f：中間広筋，g：外側広筋，h：縫工筋，i：大腿二頭筋，j：半腱様筋，k：恥骨筋，l：薄筋，m：長内転筋，n：短内転筋，o：大内転筋，p：大腿骨。

表 2 断端を構成する組織の平均断面積と対健側比（平均値±標準偏差）

| | 断端 (cm ²) | 健側 (cm ²) | 対健側比 (%) |
|--------|-----------------------|-----------------------|---------------|
| 全体** | 236.0 (±48.7) | 293.9 (±47.1) | 80.0 (±6.0) |
| 骨* | 7.0 (±1.7) | 8.4 (±2.0) | 84.6 (±14.5) |
| 脂肪・その他 | 122.3 (±31.6) | 127.7 (±41.4) | 101.1 (±36.6) |
| 筋** | 106.7 (±21.1) | 152.0 (±14.2) | 69.7 (±13.0) |
| 腸腰筋 | 1.7 (±0.9) | 2.9 (±1.5) | 64.2 (±56.4) |
| 大殿筋** | 29.6 (±10.5) | 47.3 (±10.2) | 63.6 (±19.6) |
| 大腿筋膜張筋 | 1.7 (±1.7) | 5.3 (±3.0) | 46.1 (±36.1) |
| 大腿直筋** | 6.1 (±1.9) | 11.0 (±2.7) | 56.5 (±15.7) |
| 内側広筋* | 1.6 (±0.5) | 2.9 (±0.1) | 54.5 (±14.9) |
| 中間広筋* | 5.6 (±2.7) | 9.3 (±3.7) | 75.1 (±69.4) |
| 外側広筋** | 9.9 (±5.1) | 18.3 (±5.4) | 54.5 (±25.9) |
| 縫工筋** | 2.9 (±0.8) | 4.2 (±0.9) | 70.1 (±19.4) |
| 大腿二頭筋 | 1.0 (±0.4) | 0.8 (±0.5) | 127.4 (±45.7) |
| 半腱様筋 | 2.7 (±1.4) | 2.2 (±1.1) | 128.1 (±60.0) |
| 恥骨筋* | 2.4 (±2.0) | 5.5 (±2.8) | 48.0 (±25.9) |
| 薄筋 | 2.4 (±0.9) | 2.1 (±1.3) | 108.6 (±62.5) |
| 長内転筋* | 9.7 (±3.1) | 7.0 (±2.0) | 143.8 (±47.0) |
| 短内転筋** | 11.9 (±4.0) | 15.9 (±3.2) | 75.0 (±18.8) |
| 大内転筋* | 19.9 (±4.4) | 23.8 (±5.8) | 85.9 (±21.4) |

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

次に、横断面における各構成要素が占める面積の比率を表 3 に示す。

断面における構成要素の面積比で見ると、断端は健側と比較して有意に筋の面積比が減少し、逆に「脂肪・その他」は増加していた。ただし、断端の各筋をみると全ての筋の面積比が健側に比べて減少しているわけではなかった。大

殿筋、大腿四頭筋は筋の面積比が減少していたのに対し、内転筋群はそれほど減少しておらず、むしろ長内転筋は有意に増加していた。

4-2 片側大腿切断者における対健側比と筋面積比の年齢および切断歴との関係

片側大腿切断者の年齢および切断歴と対健側比の関係を図2に示す。

断面積全体の対健側比は年齢や切断歴と有意な相関は認められなかったが、横断面に占める筋の総面積でみると、筋の対健側比は年齢 ($r = -0.787, p < 0.01$) や切断歴 ($r = -0.623, p < 0.05$) と有意な負の相関が見られた。ただしこの場合、年齢と切断歴との間にも高い相関が認められた ($r = 0.758, p < 0.01$)。

次に片側大腿切断者の年齢および切断歴と筋面積比の関係を図3に示す。

健側における筋面積比は年齢や切断歴との間に相関は認められなかった。一方、断端では加齢や切断歴とともに筋

面積比が緩やかに減少する傾向にあり、年齢と断端の筋面積比の間に有意な負の相関が認められた ($r = -0.617, p < 0.05$)。

これらの結果から、切断により断端の断面積は健側に比べて減少し、特に筋の断面積の減少が大きいこと、加齢や切断からの期間が長くなるほど筋の断面積は健側との差が大きくなることが明らかとなった。

4-3 片側切断者と両側切断者における断端の筋構成の比較

両側切断者の場合、対健側比による比較はできないため、筋の総面積に対する各筋の面積比を比較することにより、片側切断者と両側切断者の断端の筋構成の特徴を把握することを試みた。片側切断者 (A~Kの平均値) と両側切断者 (L~O) の断端における筋の総面積に対する各筋の面積比を図4に示す。

断端を構成する筋の面積比は、両側切断者でも両側大腿下腿切断者と両側大腿切断者で大きく異なった。義足歩行を行う両側大腿下腿切断者 (L, M) は片側切断者と同様、大殿筋が最も面積の大きい筋であり、むしろ片側切断者よりも広い面積を有していた。一方、義足歩行を日常行わない両側大腿切断者 (N, O) では、最も面積の大きい筋は大内転筋であった。両側大腿切断者の大殿筋が占める面積は、片側切断者に比べて有意に小さかった。また、義足歩行を行う片側切断者と義足歩行をしない両側大腿切断者の間で内転筋群の占める割合は大きく変わらなかった。

表 3 横断面における各構成要素の面積比 (平均値±標準偏差)

| | 断端 (%) | 健側 (%) |
|---------|-------------|-------------|
| 全体 | 100.0 | 100.0 |
| 骨 | 3.0 (±0.7) | 2.9 (±0.6) |
| 脂肪・その他* | 51.4 (±5.2) | 43.0 (±8.4) |
| 筋** | 45.5 (±5.1) | 54.2 (±4.9) |
| 腸腰筋 | 0.7 (±0.3) | 1.0 (±0.5) |
| 大殿筋** | 12.5 (±3.3) | 16.2 (±3.0) |
| 大腿筋膜張筋 | 0.8 (±0.9) | 1.7 (±0.6) |
| 大腿直筋** | 2.6 (±0.7) | 3.8 (±1.0) |
| 内側広筋 | 0.7 (±0.3) | 1.0 (±0.2) |
| 中間広筋* | 2.4 (±1.1) | 3.3 (±1.3) |
| 外側広筋** | 4.1 (±1.7) | 6.3 (±1.8) |
| 縫工筋 | 1.3 (±0.5) | 1.4 (±0.3) |
| 大腿二頭筋 | 0.5 (±0.3) | 0.3 (±0.2) |
| 半腱様筋 | 1.1 (±0.6) | 0.8 (±0.3) |
| 恥骨筋 | 1.0 (±0.8) | 1.9 (±1.0) |
| 薄筋 | 1.0 (±0.3) | 0.8 (±0.4) |
| 長内転筋** | 4.3 (±1.7) | 2.5 (±0.8) |
| 短内転筋 | 5.0 (±1.3) | 5.5 (±1.1) |
| 大内転筋 | 8.6 (±2.0) | 8.2 (±2.1) |

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$.

5. 考察

医用画像を用いた健常者の下肢軟部組織の解析は多くの報告⁵⁻⁸⁾がある一方、切断者に関する報告は数少ない。断端の形状や軟部組織を定量化する方法の中でも、MRIは侵襲性が低く、筋脂肪組織の判別だけでなく3次元データが取得できる点で有力な手法である⁹⁾。Jaegersら¹⁾は、MRI画像より各筋の容量と最大筋腹の上下3cmの断面積の平均値を求め、健側に対する断端の対健側比を算出した。その結果、断端において切断された二関節筋は40~60%、切断されていない筋においても0~30%の萎縮が認められることを報告している。本研究における断端の断面積の算出

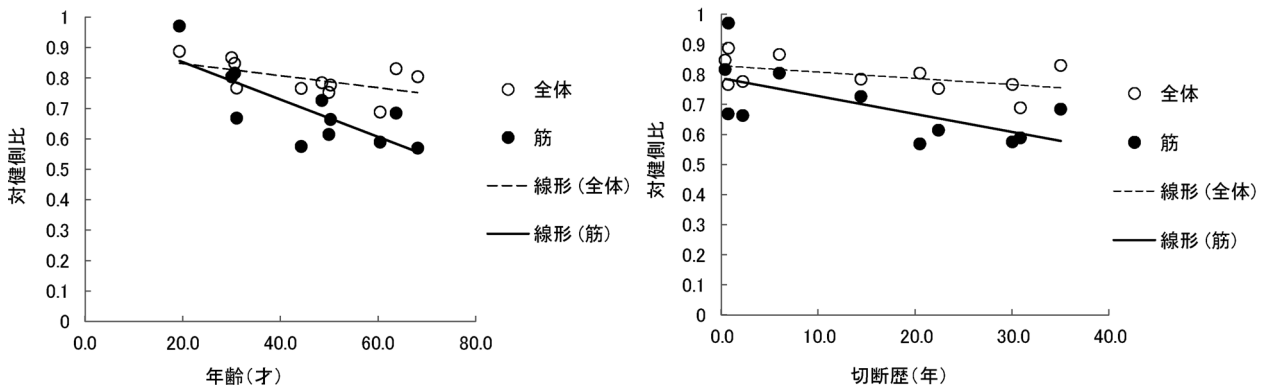


図 2 片側切断者の年齢 (左) および切断歴と断端の全体および筋の対健側比の関係

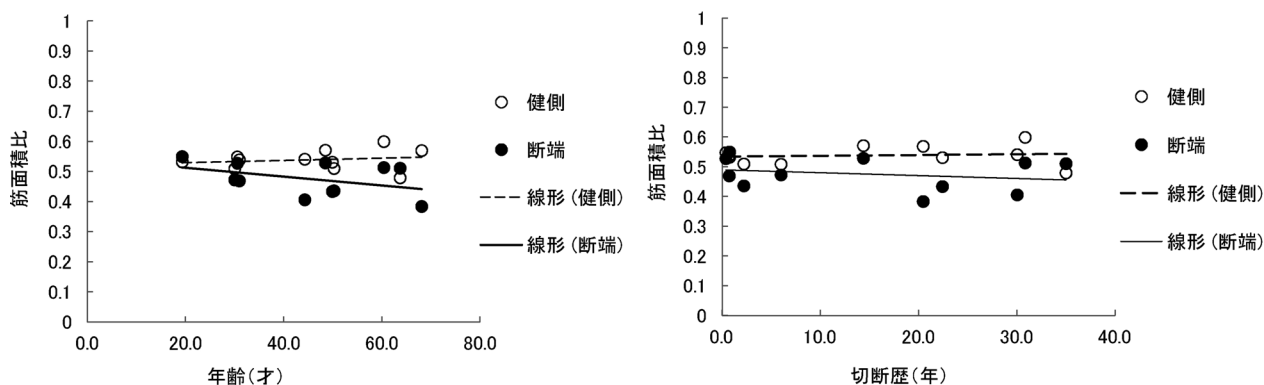


図 3 片側切断者の年齢（左）および切断歴と健側および断端の筋面積比の関係

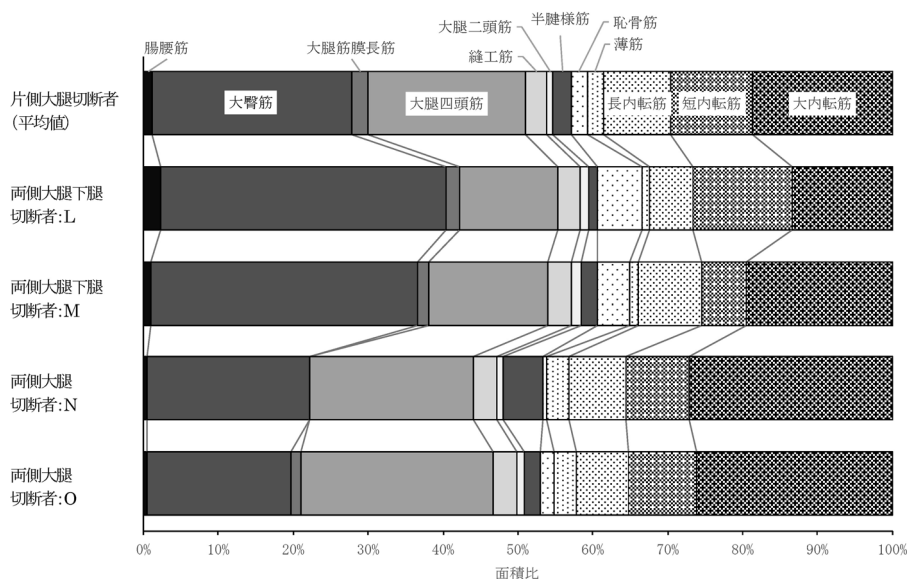


図 4 片側切断者と両側切断者の断端における各筋の面積比

方法はこれと異なるが、得られた結果は同様の傾向を示し、切断により断端の筋が萎縮していることを示していた。特に膝関節に参与していた大腿四頭筋の萎縮は他の筋に比べて大きかった。ただし、ハムストリングス（大腿二頭筋、半腱様筋）の断面積は減少しておらず、これは横断面が筋の起始部付近の断面であるため、筋の萎縮を反映しているとは言い難いためと考えられた。また、本研究の被験者は断端長が 20 cm 以上で、大腿切断者の中でも平均あるいはそれ以上の断端長を有している¹⁰⁾。したがって、膝関節に参与していた二関節筋を除いてはほとんどの股関節周囲筋は残存していると考えられる。鈴木ら²⁾は、筋終止が遠位の筋ほど萎縮が大きく、切断されていない筋でも萎縮の傾向があると述べており、長内転筋とハムストリングスを除くほとんどの筋で萎縮が認められたことは、既報と矛盾しない結果であった。なお、Jaegers ら¹⁾は、切断術の方法が股関節の拘縮や筋の萎縮に影響すると述べているが、本研究における全ての被験者の切断術は他院で施行されたため、どのような切断術であるかについては情報がなく、切断術との関係を考察することは困難であった。

一方、長内転筋が健側より大きな面積を有していたことは興味深い知見であり、それ以外の内転筋群も他の筋と比較して萎縮が小さい。健常者においては、内転筋群が股関節の屈曲・伸展に寄与することが知られており^{11,12)}、長断端の切断者においても内転筋群が同様の寄与をしていると考えられる。ただし、切断者がどのように股関節の筋を動かして義足歩行を行っているかのエビデンスはなく、推測の域を出ない。また他の股関節屈曲・伸展筋群との比較も必要のため、今回の解析でその理由を解明するには限界があった。

義足製作の立場から考えてみると、本研究において断面面積の算出に設定した高位は通称“Top 面”と呼ばれる大腿ソケットの坐骨結節直下に相当する高位であり、この高位の筋・脂肪組織の情報を得ることは義足ソケットの形状を設計する上できわめて重要である。四辺形ソケットにおいては、断端周径のみならず、長内転筋から坐骨結節までの距離（AP 径）や大腿直筋の張り出し量などがソケットの形状設計に必要とされる。いくつかの成書には断端の坐骨結節直下の筋の配置図が描かれているが¹³⁾、今回の結果

はこれらの配置図を描くにあって筋の大きさや形状等の定量的なエビデンスを提供したといえる。また、解析結果から長内転筋が萎縮していないことが明らかになり、このことはソケットの設計と適合において長内転筋のチャンネルが重要なポイントの一つ¹³⁾であることを裏付ける結果であった。

断端の萎縮に影響を与える要因として、切断からの経過時間（切断歴）と切断後の筋の使い方（義足歩行能力または義足歩行量）が影響し、義足歩行に関与しない筋は時間とともに萎縮してゆくことは容易に推測できる。また、健常者においては、加齢に伴い筋萎縮が進行することが明らかとなっている¹⁴⁾。ゆえに、断端の筋の対健側比が切断歴や年齢と負の相関を示したのは妥当な結果と考えられた。一方、もう1つの考えられる理由として、義足歩行に伴う健側の筋の発達を考えられる。臨床的には、義足歩行を行う大腿切断者の健側は、健常者以上に筋が発達している印象を受ける。しかし、健側における筋面積比が切断歴と相関が認められなかったことから、このことは考えにくい。すなわち、対健側比の減少は断端の筋の萎縮に起因し、さらに、年齢を重ね、切断からの期間が長くなると、断端と健側の筋萎縮の差はより大きくなることが示された。ただし、被験者の年齢と切断歴は高い相関があったため、そのどちらが要因であるかは、今回のデータのみでは明らかにできなかった。これを明らかにするには高齢の新規切断者等のデータを追加し、より詳細な解析を行う必要がある。

片側切断者と両側切断者の比較では、義足歩行量との関係から義足歩行に必要な断端の筋が明確になった。特に両側切断者でも、日常的に義足歩行を行なっている両側大腿下腿切断者と義足歩行が可能であるが日常の移動手段ではない両側大腿切断者の結果は対照的で、断端における筋の断面積比の差が義足歩行における断端の筋の活動量の差と関連していると考えられる。特に、両側大腿下腿切断者の方が片側大腿切断者よりも大臀筋の占める割合が大きく、逆に両側大腿切断者で小さかったことは義足歩行における大臀筋の重要性を示唆している。一方、片側切断者と両側大腿切断者の間で、内転筋群の面積比に大きな差がなかったことも特徴であった。両側大腿切断者の内転筋群の萎縮が相対的に小さかった理由として、股関節を内転させて両脚を揃えることや、座位での移動を行うことで、義足歩行とは関係なく内転筋群を使用しているためと推測している。

今回の解析では、義足歩行と大腿切断者の断端の筋構成との関係について、片側切断者と両側切断者の日常の移動手段の違いという定性的な違いで考察した。しかし両側切断者の被験者数は少なく、これ以上の厳密な議論を展開することは難しい。義足歩行と断端の筋構成との関係をより明確にするには、片側切断者を対象とし、体格差も考慮した筋断面積の健常者データ¹⁴⁾との比較や、歩行速度や歩行時間等の義足歩行に関する各種パラメータを用いたより詳細な定量的解析が必要と考えている。

6. おわりに

本研究は、大腿切断者のMRI画像をもとに断端の軟部組織、特に筋組織に関して基礎データを提供するとともに、その萎縮が年齢や切断歴と相関があることを明らかにした。さらに、義足使用状況の異なる片側切断者と両側切断者を比較することにより、義足歩行と断端を構成する筋の関係について考察した。大臀筋は義足歩行に関係する重要な筋であるが、内転筋群と義足歩行の関係はそれに比べて少ないことが示唆された。

本研究で示したように、MRI画像からは断端表面上の観察では得られない情報を定量的に取得することが可能である。最近では、MRI画像から得られた3次元座標データを基に3Dプリンターを用いて臓器モデルを立体造形することも可能になってきている。この技術を応用すれば、断端のMRI画像のデータから義足ソケットの設計が可能になることが期待される。また、今後、断端の筋構成と断端の筋力、ひいては義足歩行能力や使用部品との関係が関連づけられれば、義足歩行訓練の方法およびソケット形式を含む義足部品選択基準の明確なエビデンスとすることが可能である。このような定量的データの蓄積を基にしたエビデンスが、義足ソケットの設計や歩行訓練へ活用されることを期待したい。

本研究は、JSPS 科研費 26350692 の助成を受けたものである。

文 献

- 1) Jaegers, S. et al. Changes in hip muscles after above-knee amputation. Clin. Orthop. Relat. Res. 319, 276-284 (1995).
- 2) 鈴木康雄 他. 大腿切断端の筋断面積と筋力計測—屈曲・伸展特性を中心に—. 義装会誌 12, 140-146 (1996).
- 3) Putz, C. et al. Structural changes in the thigh muscles following trans-femoral amputation. Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. 27, 829-835 (2017).
- 4) Sherk, V.D. et al. Interlimb muscle and fat comparisons in persons with lower-limb amputation. Arch. Phys. Med. Rehabil. 91, 1077-1081 (2010).
- 5) Barbat-Artigas, S. et al. Muscle quantity is not synonymous with muscle quality. J. Am. Med. Dir. Assoc. 14, 852-e1 (2013).
- 6) Handsfield, G.G. et al. Relationships of 35 lower limb muscles to height and body mass quantified using MRI. J. Biomech. 47, 631-638 (2014).
- 7) Karampatos, S. et al. The reliability of a segmentation methodology for assessing intramuscular adipose tissue and other soft-tissue compartments of lower leg MRI images. Magn. Reson. Mater. Phys. 29, 237-244 (2016).
- 8) Correa-de-Araujo, R. et al. The need for standardized assessment of muscle quality in skeletal muscle function deficit and other aging-related muscle dysfunctions : A

- symposium report. *Front. Physiol.* 8, 87 (2017).
- 9) Sanders, J.E. et al. Residual limb volume change : Systematic review of measurement and management. *J. Rehabil. Res. Dev.* 48, 949 (2011).
- 10) 中村 隆 他. 切断者の断端長とソケットの関係. *国リハ研紀* 33, 13-20 (2012).
- 11) Dostal, W.F. et al. Actions of hip muscles. *Phys. Ther.* 66, 351-359 (1986).
- 12) Hoy, M.G. et al. A musculoskeletal model of the human lower extremity : The effect of muscle, tendon, and moment arm on the moment-angle relationship of musculotendon actuators at the hip, knee, and ankle. *J. Biomech.* 23, 157-169 (1990).
- 13) 澤村誠志. 大腿ソケット適合上の愁訴と原因. *義肢. 切断と義肢. 第2版.* 287, 医歯薬出版, 2016.
- 14) 田中正昭 他. 健常者における大腿筋断面積の検討. *理学療法科学* 11, 75-79 (1996).
- 12) Hoy, M.G. et al. A musculoskeletal model of the human

Abstract : We uncovered the characteristics of the soft tissues of the residual limbs in persons with transfemoral amputation using MRI analysis. Fifteen transfemoral amputees (11 unilateral amputees and 4 bilateral amputees, each with a stump length of more than 20 cm) took part in the investigation. The cross-sectional areas of muscles under the ischial tuberosity level were calculated in both of the amputated side and the intact side, and were compared. The result showed that the stumps were atrophied in all unilateral amputees, and the average of the ratio was $80.0 \pm 6.0\%$. The atrophy ratio of the muscles correlated to the age of the amputees and the periods from the amputation. While the gluteus maximus and the quadriceps femoris were remarkably atrophied, the atrophy of the adductor muscles was small. It is noted that the adductor longus of the stump did not atrophy after the amputation. In addition, bilateral transfemoral amputees who do not use prostheses showed a bigger atrophy of the gluteus maximus in comparison to the unilateral amputees who walk with prostheses. However, as for the atrophy of the adductor muscles, there was no difference. These results might be utilized in prosthetic training and designing of the socket.

Key words : lower limb prosthesis, socket, fitting, muscles, atrophy