

断端成熟の促進

下肢切断者における断端変化の調査と 国立障害者リハビリテーションセンターでの断端管理について

三ツ本 敦子¹⁾

キーワード	容積変化, 周径変化, 筋断面積, 弾性圧迫
-------	------------------------

抄録

下肢切断者の断端変化と術後の断端管理は、義足のリハビリテーションを行うチームにとって最も関心が高い領域の一つである。断端変化は訓練中も退院後も続くため、義足ソケットの適合を行う義肢装具士にとって、その変化の観察は重要である。今回、断端変化と断端管理の2つに着目し、断端変化については下肢切断者の断端変化に関する過去の文献と国立障害者リハビリテーションセンター（当センター）で行った断端変化の調査について紹介する。断端管理については、急性期病院ではない当センターで現在行っている断端管理について説明する。新規切断者の断端管理は、切断術を行った病院とリハビリテーションを行う病院の連携も重要となってくる。

1. はじめに

一般に切断術後から義足を使用した生活に移行するまでに断端が安定する過程を「断端の成熟 (maturation)」と呼んでいる。しかし、近年の切断術や義肢関連の文献にて、「断端の成熟」という言葉は掲載されていない。その代わり断端管理や浮腫のコントロールが記述されている。Atlas of Amputations and Limb Deficiencies: Surgical, Prosthetic and Rehabilitation Principles 4th Edition¹⁾では術後の断端管理という章内に、断端管理の目指すべきゴールは創傷治癒の促進と早期の義肢適合であると述べられている。章内には創傷治癒の促進方法と浮腫を軽減させる方法が説明されていることから、断端管理の意味としては、術後の断端ケア全般を指すと思われる。「断端の成熟」とは何か、実は十分に定義されておらず、よって本稿でも「断端の成熟」ではなく「断端管理」という言葉を用いることとし、浮腫を軽減させることに限局した「断端管理」とする。

新規下肢切断者に対し義足ソケットを適合させる義肢装具士にとって、断端管理と同様に「断端変化：断端の形状および質の変化」も関心が高い領域であると思われる。筆者も仮義足のソケット調整や退院後の対応を経験していく中で、どのように断端変化が進むのか、断端変化に対しどのような調整方法が一番有効なのか等、断端変化と義足ソケットの適合に興味を持つようになった。

今回、本稿の前半では下肢切断者の断端変化に着目し、断端変化に関する過去の文献、ならびに国立障害者リハビリテーションセンター（以下、当センター）で行った断端変化の調査について紹介する。後半では、当センターで行っている現在の断端管理について説明し、断端の圧迫について定量的考察を行った。

2. 断端変化について

術後の断端管理で浮腫を軽減させておくことは重要であるが、実際、術後の断端管理だけでは、断端変化は終わらない。このことは、新規下肢切断者のリハビリテーションに携わった医療従事者であれば経験があると思う。仮義足の歩行訓練中も断端は変化するし、また退院後も本義足の作り替えの前に仮義足のソケットを調整する頻度は多い。

そのため、仮義足のソケットを適合させる義肢装具士は「断端は変化するもの」という認識が必要であり、どの部分に断端変化が生じたか（どの部分の形状が変化したのか、どの部位の周径で違いが発生したのか等）を注意深く観察し記録することが重要である。

2-1 断端変化に関する過去の報告

下肢切断者の断端は、術後から12~18カ月頃に至るまでの間に形状、容積ともに大きく変化すると報告されている^{2,3)}。

Studies of residual limb changes in lower limb amputees, and the residual limb management at the National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

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
Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities
4-1 Namiki, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-8555 Japan
Atsuko MITSUMOTO (義肢装具士)

表 1 切断後 18 カ月未満の断端容積変化に関する論文 (文献 4 より表を転載)

著者 参考文献	被験者の情報	計測手法	術後からの期間 (計測期間)	容積 減少率
Fernie ら ⁵⁾	17 名の下腿切断者	Water displacement	100 日から 200 日の間	5%
Persson ら ⁶⁾	93 名の下腿切断者	Anthropometric measurements	12 週間	7.3 ± 10.6%
Lilja ら ⁷⁾	末梢循環障害により切断に至った 11 名の下腿切断者	Noncontact laser system	160 日	17~35%
Golbranson ら ⁸⁾	末梢循環障害に起因する 36 名の高齢片側下腿切断者	Circumference and water displacement	100 日	約 11%

Sanders らのシステマティックレビュー²⁾ に、断端変化に関する論文がまとめられている。少し古い文献も含むが、切断術後から 18 カ月までの期間の断端容積変化の報告を表 1 に示す。これらの文献は比較的、被験者数も多く、長期に渡る研究である。各文献によってバラツキはあるが、断端容積の減少量は 5~35% と個人差がある。

断端容積を計測する手法のゴールドスタンダードはないが、定量化を試みる上で、精度や誤差を理解しながら適したものを選択することが重要である。

容積を算出できなくとも断端の周径変化だけでも断端の変化を記録する貴重なデータと成り得る。Geil⁹⁾ によれば、断端の周径計測手法としてテープメジャーの信頼性を検証したが、デジタル計測器で計測した値と比較し、臨床的に大きな差はないと報告している。

2-2 断端変化に関するセンターでの調査

筆者らも過去に下腿切断者に対し義足の製作録から断端の周径変化について後方視的調査¹⁰⁾ を行ったことがある。その結果を以下に要約する。

仮義足を製作する入院中の期間 A と、退院後から本義足を製作するまでの期間 B、そして本義足を作り替える期間 C の 3 つの期間について断端周径変化の調査を行った結果、入院中の期間 A の対象者は断端周径が増加する切断者と減少する切断者がおり、個人差が大きかった。一方、退院後から本義足を製作する期間 B では、断端周径値の減少傾向が表れ、遠位側が近位側に比べ有意に減少することが明らかとなった (図 1)。よって、仮義足から本義足へ移行する期間は、義足ソケットの適合不良が発生する可能性が高く、定期的な適合の確認や断端変化に対するマネジメントが重要となる時期であることがわかる。

近年、症例数は少ないが 4 名の片側大腿切断者における義足歩行訓練中の断端変化について調査を行い、筋断面積の変化を明らかとした¹¹⁾。義足歩行訓練前後で断端の MR 画像を取得し、その後、筋断面積を算出し比較を行った (図 2)。義足歩行訓練後の断端の筋断面積の割合は義足歩行訓練前に比べて、全ての被験者で増加していた。しかし全ての筋が増大しているわけではなく、股関節の運動方向によって筋断面積の割合が異なった。大腿骨を中心とし、前外側筋群は萎縮し、内側筋群と後方筋群の面積は増加する

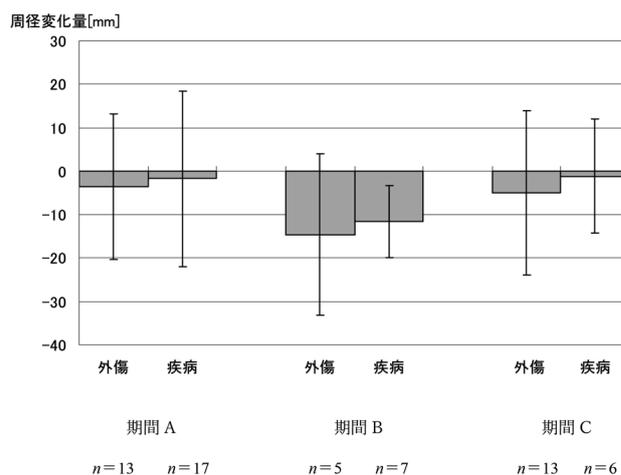


図 1 各期間の 75 mm レベルにおける切断原因別の周径変化量の比較

文献 10 より図を転載。

傾向が見られた。よって、各筋群により断面積の変化があるということは、断端の形状が変化していることを示しており、この形状変化により、ソケットの形状調整が必要であることが考えられる。

3. 断端変化の観察・記録について

当センターの臨床業務で使用している断端変化を記述する記録媒体は、2 種類ある。1 つ目は電子カルテ、2 つ目は義肢装具製作録 (紙) である。

入院中の新規下肢切断者に対し、リハビリテーションチーム内で情報を共有する場合、電子カルテへの書き込みは必須である。担当義肢装具士は、採型や仮合わせの予定、断端の様子、断端の計測情報、義足の部品等を記入している。

そして担当義肢装具士は、電子カルテと別に義肢装具製作録も作成している。この義肢装具製作録は、義足を製作するために必要な情報を詳細に記録している。例えば、情報カード (図 3) は、教科書に書いてあるような情報と同等の用紙¹²⁾ であるが、義足製作のための情報だけでなく、断端の観察のためにアレンジを加えて裏面は、全て周径を記録するための表になっている。そのため、ソケットの調

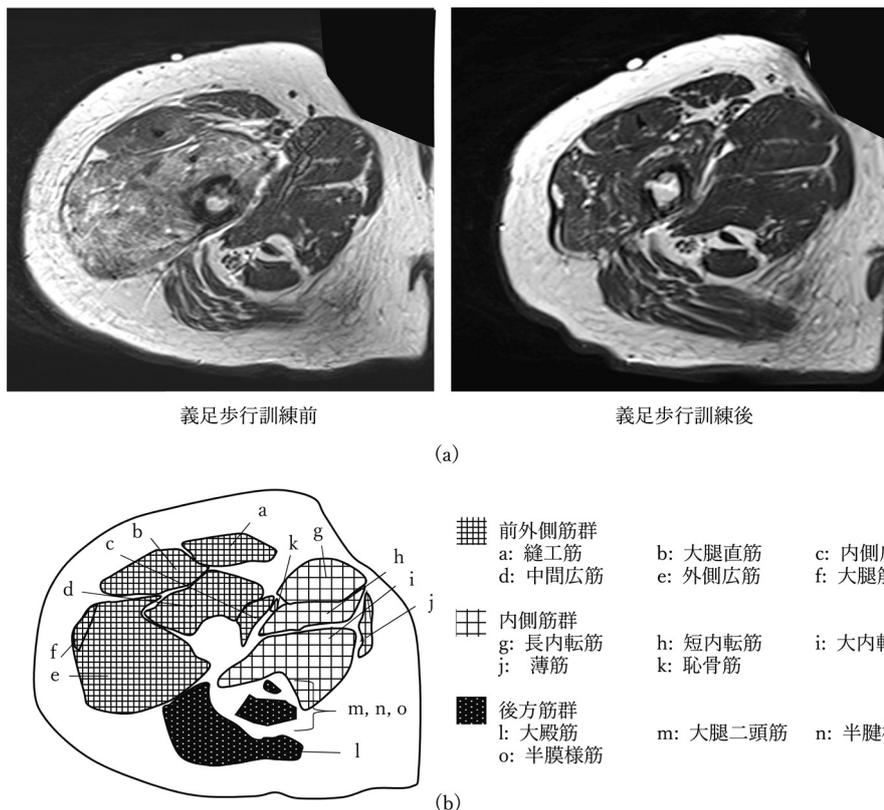


図 2 (a) 対象者 A の義足訓練前後の断端の断面画像, (b) ソフトウェアによる断面のトレース図と筋群の分類
文献 11 より図を転載.

下腿義足 情報カード

氏名: 男・女 担当: _____

切断部位: 左・右 日付: 年 月 日 時 分

ソケットタイプ: 仮義足 本義足 (本日) 差し込み PTB PTS KBM TSB

MPTからの距離	断端周径	ライナー周径 (size)
0		
25		
50		
75		
100		
150		
175		
200		

大腸骨脛部近位 M-L 周径 _____

大腸骨脛部 M-L _____

MPT A-P _____

骨長 _____

断端長 _____

備考: _____

M・P・T _____

最大周径 _____

最小周径 _____

靴のサイズ _____

足絆のサイズ _____

差 異 _____

日付: 年 月 日 時 分

断端チェック ソケット調整 採型 納品時

MPTからの距離	断端周径	ライナー周径
0		
25		
50		
75		
100		
125		
150		

日付: 年 月 日 時 分

断端チェック ソケット調整 採型 納品時

MPTからの距離	断端周径	ライナー周径
0		
25		
50		
75		
100		
125		
150		

日付: 年 月 日 時 分

断端チェック ソケット調整 採型 納品時

MPTからの距離	断端周径	ライナー周径
0		
25		
50		
75		
100		
125		
150		

日付: 年 月 日 時 分

断端チェック ソケット調整 採型 納品時

MPTからの距離	断端周径	ライナー周径
0		
25		
50		
75		
100		
125		
150		

日付: 年 月 日 時 分

断端チェック ソケット調整 採型 納品時

MPTからの距離	断端周径	ライナー周径
0		
25		
50		
75		
100		
125		
150		

図 3 下腿義足を製作するための情報カード
左: 表面, 右: 裏面.

整が必要になった時は、調整と同時に周径を計測し、前回の計測時と比べて断端のどの部分が痩せ、変形したのか、確認することができる。もちろん断端の周径変化だけでなく、触診によりどの筋群の張りが大きくなり、あるいは軟部組織が軟らかくなった等、断端の変化について気づいたことを義肢装具製作録に書き込む。断端の写真を貼り付け、断端の形状を比較することもよくある。

この義肢装具製作録は、設立当初から引き継がれ、これまで1,000人以上のデータが蓄積されている。我々は、この義肢装具製作録をもとにデータベースを作成し、解析を行っている。

4. 当センターで行っている断端管理

当センターは切断術を行っていない。そのため他院から紹介を受け、補装具診療外来を受診される新規切断者は、術後数週間の者もいれば数カ月経過した者もいる。術直後の断端管理は、切断術を行った急性期病院に委ねられている。紹介状を頻繁にいただくような大学病院とは近年連携が強化され、断端管理として弾性包帯を用いた soft dressing やライナー装着を一時的に行ってくれている。しかし、断端管理が全くされないまま、転院してくる新規下肢切断者も少なくない。

当センターへ転院後の断端管理は以下のような対応を行っている。

(1) 弾性包帯/soft dressing

切断術を行った他院で弾性包帯を装着しており、切断者本人が習熟していれば、このままこの断端管理を続けることもある。

(2) ライナー

異なるサイズのライナーを常備し、入院当初より装着する。装着時間は断端の状態を見ながら1,2時間から開始し、午前中、日中と徐々に延ばし、基本的に就寝時以外は装着するようにしている。同時にライナーの自己管理も学習してもらう。使用したライナーは洗浄・消毒し、シュリンカー専用として繰り返し使っている。



図 4 アルケア チュービコット®

(3) アルケア チュービコット® (図 4)

ライナーによる圧迫が強すぎたり、断端の皮膚が脆弱だったりする場合には、伸縮性の断端袋を製作し渡すこともある。切断者本人が弾性包帯を巻けない場合や、適切なライナーサイズを用意できるまでの期間をつなぐ場合にも用いている。断端袋を使う練習にもなり、手指の巧緻性の練習にもなる。アルケアのチュービコット®のサイズを2号から7号まで常備しており、最も多く用いるのは下腿切断で3号と4号、大腿切断で5号と6号である。ポリエステル・ポリウレタン製の筒状の布のため、断端の長さに応じて長さを確保し、断端末をミシンで縫う。縫い目が表を向くようにし、断端を装着する内側は段差が無いようにする。大腿切断の場合は動いているうちに外れてしまう場合もあるため、近位側に骨盤ベルトを簡易的につけることで脱落を防止している。圧迫としては十分ではないが、断端形状を整えるには弾性包帯より良い。なお、当センターでは自費購入となるスタンプシュリンカーはほとんど使用していない。

(4) チェックソケットを早く製作する

著者らは、病院に常駐している義肢装具士ということもあり、採型から仮合わせまでは早急に行うように心がけている。チェックソケットを製作し、義足を組み立てる。義足を装着し、荷重をかけることで、断端に適度な圧迫を加えることになる。義足を装着し立位をとるだけでも有効であると考えている。

5. 断端管理中の理想の圧迫とは

断端管理中に推奨される圧迫（外力）とは、どの程度のものであろうか。筆者自身も、断端管理をチームで行いながら疑問に感じている。1981年の文献¹³⁾には以下の4点が指摘されている。

- ① “Elastic compression helps in reduction of edema and increased venous return.” (弾性圧迫は浮腫の軽減と静脈還流の増加に役立つ。)
- ② “External pressures of less than 15mmHg are ineffective in increasing venous return but external pressures of more than 30mmHg may cause harm. Therefore the ideal pressure exerted by elastic compression stocking should be between 20 and 25 mmHg.” (15mmHg未滿の外圧は静脈還流の増加に効果がないが、30mmHgを超える外圧は有害である。したがって、弾性圧迫ストッキングの理想的な圧力は20~25mmHgである。)
- ③ “The compression stocking should be capable of sustained pressure over a prolonged period of time.” (圧迫ストッキングは、長時間にわたって圧力を持続できるものでなければならない。)
- ④ “The pressure should be graded so that it should be more at the distal limb than the proximal limb.” (圧迫は、近位肢よりも遠位肢で強くなるように段階的に

設定する。)

※“elastic compression stocking”という断端管理を行ったので、そのままの記載としている。

使用された機器は、皮膚表面に乗せる小型の圧力計である。②の圧迫の程度についてイメージを持つために、以下のように換算してみた。

例えば、断端末遠位部分の周径が25cmだったとする。この周径部分の高さ1cm幅を円筒と仮定すると、その円筒の表面積は25cm² (25×1) となり、圧力は以下のように換算される。

弱い圧迫とされる 15mmHg = 1999.83 Pa \approx 0.2 N/cm²

強い圧迫とされる 30mmHg = 3999.67 Pa \approx 0.4 N/cm²

であるから、断端末遠位の円筒部にどの程度の力(N)が加わっているかということ、次のようになる。

$0.2 \text{ N/cm}^2 \times 25 \text{ cm}^2 = 5 \text{ N}$

$0.4 \text{ N/cm}^2 \times 25 \text{ cm}^2 = 10 \text{ N}$

円周上に5N程度の力では弱く、10Nだと強すぎる力ということになる。

推奨されている「20~25mmHg」が現代の断端管理でも相応しいのかどうかは、検証すべき課題であり、臨床で行われている、soft dressing やスタンプシュリンカー、ライナー装着等の妥当性について、エビデンスの構築とそれに基づいた断端管理が実施されるのが望ましい。

6. おわりに

断端変化が起こると義足ソケットの適合に大きな影響を及ぼす。その変化を少なくするために断端管理を行っているが、断端変化は術後1年以上も続くものである。

断端変化を定量化する手法は様々あるが、断端の撮影やテープメジャーを用いた計測でも臨床現場で十分に断端変化の観察は可能である。今後、より詳細な断端変化を観察できれば、断端変化の予測が立てられるだろう。非接触式のスキャナがより汎用化され、臨床現場でより詳しい断端変化のデータが蓄積されることを期待している。

断端管理は本来、術後から開始されることが必須であるが、医療サイドの知識不足や既往症、重篤な合併症により導入ができないことも考えられる。新規切断者の断端管理は、切断術を行った病院とリハビリテーションを行う病院の連携が重要である。

文献

- 1) Gottschalk, F. General principles of postoperative residual limb management. Krajbich, J.I. et al. (ed). Atlas of Amputations and Limb Deficiencies: Surgical, Prosthetic and Rehabilitation Principles. 4th Edition. 31-39, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2016.
- 2) Sanders, J.E. et al. Residual limb volume change: Systematic review of measurement and management. J. Rehabil. Res. Dev. 48 (8), 949-486 (2011).
- 3) Berke, G. Post operative management of the lower extremity amputee-standards of care, Official findings of the consensus conference. J. Prosthet. Orthot. 16 (35), 6-12 (2004).
- 4) 三ツ本敦子. 下肢切断者の断端変化とその影響. PO アカデミージャーナル 26 (2), 95-99 (2018).
- 5) Fernie, G.R. et al. Volume fluctuations in the residual limbs of lower limb amputees. Arch. Phys. Med. Rehabil. 63 (4), 162-165 (1982).
- 6) Persson, B.M. et al. A clinical standard of stump measurement and classification in lower limb amputees. Prosthet. Orthot. Int. 7 (1), 17-24 (1983).
- 7) Lilja, M. et al. Proper time for definitive transtibial prosthetic fitting. J. Prosthet. Orthot. 9 (2), 90-95 (1997).
- 8) Golbranson, F.L. et al. Volume changes occurring in postoperative below-knee residual limbs. J. Rehabil. Res. Dev. 25 (2), 11-18 (1988).
- 9) Geil, M.D. Consistency and accuracy of measurement of lower-limb amputee anthropometrics. J. Rehabil. Res. Dev. 42 (2), 131-140 (2005).
- 10) 三ツ本敦子 他. 義足使用に伴う下腿切断者の断端周径変化. 国立障害者リハビリテーションセンター研究紀要 33, 21-26 (2012).
- 11) 三ツ本敦子 他. 義足歩行訓練前後における大腿切断者の断端断面積の変化. 義装会誌 38(2), 148-151 (2022).
- 12) 田澤英二. 義足製作マニュアル. 田澤英二(編). 義肢製作マニュアル. 第2版. 70-184, 医歯薬出版, 2010.
- 13) Varghese, G. et al. Pressure applied by elastic prosthetic bandages: A comparative study. Orthot. Prosthet. 35 (4), 30-36 (1981).