

目次

日本加圧トレーニング学会雑誌 Vol.12 No.1 2022

上下肢切断のリハビリテーション治療：加圧トレーニングの応用

石坂 勇人・中島 敏明・廣田 美槻・荒川 拓也・John Doolittle・Steven Munatones

広瀬 健・山崎 元成・小栗 淳・美津島 隆・豊田 茂・佐藤 義昭…………… 1

日本加圧トレーニング学会雑誌 投稿・執筆規程 ……………12

総説

上下肢切断のリハビリテーション治療： 加圧トレーニングの応用

石坂 勇人¹⁾，中島 敏明^{2,3)}，廣田 美槻¹⁾，荒川 拓也¹⁾，
John Doolittle⁶⁾，Steven Munatones⁶⁾，広瀬 健¹⁾，山崎 元成⁵⁾，
小栗 淳⁵⁾，美津島 隆¹⁾，豊田 茂²⁾，佐藤 義昭^{4,6)}

キーワード：加圧トレーニング，四肢切断，下腿切断

はじめに

四肢の切断の原因は、外傷や疾患（腫瘍、感染、外傷、末梢循環障害、先天性疾患）などがある¹⁾。切断後は、切断部位、年齢、切断に至った原因、目標となるゴール設定などによって内容が異なる。高齢者の場合には、糖尿病や動脈硬化症による切断が多く、可能な限り切断前に近い状態で生活ができることを目標として、筋力トレーニングや関節可動域訓練、義肢の作製などを含めたリハビリテーション治療を行う。日常生活や仕事に復帰するだけでなく、スポーツ復帰や障害者スポーツをすることもするため長期的なサポートや運動能力の向上を目指した介入が必要である²⁾。本稿では、切断後のリハビリテーション治療の概要ならびに加圧トレーニングの応用につき、米国での経験を含み概説する。

I. 四肢切断の原因及び頻度

I-1. 日本での上下肢切断の原因及び頻度

厚生労働省の平成18年身体障害児・者実態調査結果³⁾によると、上肢切断者は9万8千人（2001年）、8万2千人（2006年）であり、対前回は83.7%と減少傾向である。一方、下肢切断者は4万9千人（2001年）、6万人（2006年）であり、対前回は122.4%と増加傾向である。それ以降、わが国では全国的な疫学調査は行われていないため、近年における切断者の発生頻度は明らかとなっていない。

下肢切断は先天性と後天性切断に分類され、後天性切断の原因は外傷性、腫瘍性、糖尿病性、末梢血管性である⁴⁾。下肢の末梢動脈疾患（peripheral arterial diseases：PAD）には、末梢閉塞性動脈疾患（peripheral arterial occlusive diseases：PAOD）、膝窩動脈捕捉症候群、膝窩動脈外膜嚢腫、遺残坐骨動脈、線維性異形成、膠原病関連の血管病変、肢端紅痛症、blue toe syndrome な

1) 獨協医科大学病院 リハビリテーション科 〒321-0293
栃木県下都賀郡壬生町北小林880
2) 獨協医科大学 心臓血管・内科／循環器内科
3) 獨協医科大学 加圧トレーニング医学講座

4) ハーバード大学大学院 加圧研究センター
5) 高崎ハートホスピタル
6) KAATSU Global, Inc.

どがあるが、下肢切断に至る症例のほとんどがPAODである。近年の交通・労働災害の減少、衛生環境の改善、予防医学、治療医療技術の進歩により、外傷、腫瘍、感染による切断は減少し、血管原性切断の割合が増加している。糖尿病による足病変（糖尿病性足疾患）の原因は、末梢神経障害とPAODによる虚血、そして両者の混合である。糖尿病患者はPAODの発生リスクが、健常人の3~4倍と発生率が高くなる。

I-2. 米国 (U.S.) での上下肢切断の原因及び頻度⁵⁾

民間人および高齢者の最も一般的な原因は、血管障害の合併症によるものである。糖尿病、動脈硬化、喫煙、またはこれらを複数組み合わせている患者も存在し、これらの患者では切断となる可能性がある。外傷は、もう1つの主要な原因であり、外傷性切断は、自動車や産業事故、電気関連などによるものがある。一方、軍人や退役軍人にとって特に懸念されるのは、戦闘に関連する切断である。爆発、貫通、または圧挫による負傷が切断の原因となる。その他のあまり一般的でない切断の原因には、筋骨格系の悪性腫瘍、感染症、医原性などがある。

米国では、500人/日以上が切断手術を受けており、200万人以上が上肢または下肢を失っている。2050年までに上肢または下肢を失う人は360万人に上ると予想されている。さらに、約3万~4万件/年の傷害関連の切断術が行われており、外傷性の下肢切断は上肢切断よりも多く（59%対41%）、切断の多くは鈍的損傷（83%）によって引き起こされている。これらのケースの51%は自動車が原因であり、自動車の衝突に関与した人は上肢を維持する可能性が高い。

一般市民と同様に、退役軍人省（Department of Veterans Affairs, VA）と国防総省（Department of Defense, DOD）でも切断術を受けた患者数は増加している。VAで切断術を受ける患者数も5270件（2001年度）から6386件（2015年度）に増加している。この増加の一部は、戦闘外傷の増加によるものだが、大部分は血管疾患の増加によるものであり、切断患者の80%が糖尿病を患っていた。また、2001年から2016年にかけて、米国軍人の1710人（28人の女性を含む）が切断術を受けたが、これらの切断の大部分（73%）は爆発装置によるものであった。そのうち84%は下肢切断（76%：片下肢，8%：両下肢）であった。

II. 術後管理とリハビリテーション治療

II-1. 断端管理

切断術はさまざまな部位で行われ、切断肢に合わせた断端管理やリハビリテーション治療、装具の作製が行われる。術直後の断端管理では、創部の一次治癒と浮腫のコントロールを目的として各種処置（dressing）法と、その後に義肢の装着時期により各種の義肢装着法がある。術後は、弾性包帯によるSoft dressingやギプスおよび装具によるRigid dressingによる断端管理を行う。Soft dressingは簡便であるが、弾性包帯が外れやすく、圧迫力が小さくなる。また断端の先端ほど圧迫力を強くするといった段階的な圧迫が難しいという特徴がある。そのため、断端の保護や感染予防、浮腫の減少、残存肢の輪郭形成、創傷治癒を促進する目的でRigid dressingが有用である⁶⁾。断端管理法の選択については、原疾患との関連を考慮する。例えば、断端の感染や壊死の危険性、患者自身の断端を管理する能力（理解力、判断力などの知的面、心理状態など）、患者の身体能力（全身状態、残存機能、全身の筋力など）である。Soft dressingの場合は術創部の状態を確認しながら一日に何回か弾性包帯を巻き直し、長期的には患者自身で断端の自己管理ができるように指導する。義肢を装着する前には、断端成熟を目指してリハビリテーション治療での訓練を行う。断端成熟は、創部が治癒して浮腫がコントロールされ、断端の形状が円錐状の良好な状態であること、疼痛が改善し、残存している筋肉の筋力が十分であり、関節可動域が十分であることである。断端の成熟具合が、装具の装着に影響するため術後の管理は重要である。

II-2. 断端痛

術後には、切断した部位の断端痛が生じることがある。その原因として有痛性神経腫や循環障害があるが、原因が特定できないこともある。その場合には、心理的要因を考慮し、鎮痛薬を投与する。下肢切断者の56.1%が断端痛を有すると報告され⁷⁾、幻肢痛と同様に義足の満足度や心理社会適応に影響を与える。術創部の疼痛は、時間の経過に伴って改善することが多い。また、切断した四肢が残存する感覚がある幻肢や切断した部位の痛みを感じる幻肢痛を生じることがある。幻肢痛は、下肢切断者の80%に生じ、高齢であるほど高頻度に生じる⁸⁾。幻

肢や幻肢痛は経過とともに改善することが多いが、鎮痛薬や抗うつ薬の投与、精神的機能や社会的支援によって改善することもある⁹⁾。傷や痛み状態に合わせて断端で義足に荷重するため、ベッドサイドでも荷重する練習をしていく。

幻肢や幻肢痛は、脳と切断された四肢とのミスマッチのため、脳で再認識してもらうまでに時間がかかり、回復過程は個人差がある。義足を装着して歩行をする際には、幻肢や切断された下肢のイメージが義足をコントロールするイメージにもなり、歩行練習をしている間に脳のイメージと義足のコントロールが統合されてくると考えられる。

II-3. 拘縮

切断術後の関節拘縮は、術後の疼痛や習慣によって不良肢位を取り続けている場合に生じやすい。下肢では、股関節や膝関節の屈曲拘縮、足関節拘縮が生じ、大腿切断の極短断端では、股関節の内転筋が切除されることで股関節の外転拘縮をきたしやすい¹⁰⁾。上肢では、肘関節の屈曲拘縮、前腕の回内外拘縮がある。関節拘縮が生じないように、術後早期から積極的に関節を動かし、患者自身に普段の姿勢や関節可動域について説明し、術後長期にわたって関節可動域訓練を続けることが重要である。

II-4. 義肢

義肢作製では、上肢の作業能力を求める能動義手や作業用義手、歩行をするための義足がある。機能面は求めず、装飾的な義肢（装飾義手、装飾義足）もある。患者の年齢、筋力、体力、求める能力に応じて必要な義肢を作製する。患者が若年でスポーツ復帰を望む場合には、そのスポーツに応じた義肢を作製することになる。さらに、義足の開発やその進歩については、新しい素材の応用、マイクロコンピュータを組み込んだ膝継手やエネルギー蓄積足部などの各部パーツの高機能化、義足の概念を変える可能性のある骨直結型義足の臨床応用などがある。義肢の作製には、義肢装具士との情報共有も欠かすことができない。多職種によるチームアプローチが必須であり、それぞれの職種による専門知識を生かした介入が重要である。

II-5. 筋力トレーニング

リハビリテーション治療の開始は、術後に行うことが中心だが、術前からリハビリテーション治療の介入が可能な場合には術前から切断肢以外の筋力強化を実施することもある。下肢切断の場合、上肢で体幹を支持して歩行練習をすることも多いため、術前には残存する体肢の筋力維持や松葉杖などの歩行補助具を使用した歩行練習を行う。術後には、切断下肢や非切断下肢等の筋力トレーニングを行い、断端部にはソケットを装着したうえで義足を装着して歩行練習を行う。しかし、筋力があるだけでは歩行することはできず、歩容も崩れてしまう。バランスや姿勢制御、協調性を意識した総合的な運動療法を行い¹¹⁾、バイオメカニクスの知識を十分に理解したうえで患者の動作を確認し、義足のアライメント調整をする必要がある¹²⁾。そのためにも、理学療法士や義肢装具士など、多職種の介入が必要である。

歩容や歩行速度などの歩行パフォーマンスを向上させるためには、監視下での歩行練習、筋力増強訓練、バランス練習を総合的に練習することが有効である¹³⁾。切断術後は、可及的早期からリハビリテーション治療が開始される。下肢の切断術後には、非切断側の下肢筋力が低下すると義足を作製しても立ち上がりや歩行することが困難になる。そのため非切断側の下肢は、筋力を保つために筋力トレーニングを行う。特に高齢者の場合には、臥床期間が長くなるほどに廃用症候群が進行してしまう。筋力を強化するためには、目的筋に対して負荷をかける必要があるが、高齢者では運動負荷に対してのアドヒアランスが悪いことが多い。切断肢は、非切断肢以上に筋力が低下しやすいため継続的に筋力トレーニングをする必要がある。加圧トレーニングは低負荷でも筋力強化の効果が期待できるため¹⁴⁾、高負荷トレーニングに消極的な患者や高齢者に対しても筋力維持や筋力強化ができる可能性がある。また下肢切断者は、活動量の低下から心肺機能が低下しやすいためスポーツ活動や身体活動を向上させることが勧められる。切断部位によってリハビリテーション治療の内容は異なり、理学療法では患者に合わせた訓練を計画する。

II-6. メンタルヘルス

医療従事者は、患者の精神面にも配慮するべきである。患者は身体の一部を失ったという喪失感、機能的不安感

(歩行ができない、上肢の作業ができない、自立が困難)、社会的存在感を失うかもしれないという不安を抱く可能性がある。外傷性切断患者は、身体的および精神的障害から約2年間の長期フォローアップが必要とも言われている¹⁸⁾。そのため、リハビリテーション治療場面や看護師との関わりの中で患者の精神的状態を把握し、医療者は患者の障害期に合わせた対応をする。必要であればカウンセリングや抗うつ薬の投与も検討することがある。

Ⅲ. 下肢(下腿, 大腿)・上肢切断のリハビリテーション治療

Ⅲ-1. 下腿切断

下腿切断の場合には、下腿義足を装着することを前提に断端形成と筋力トレーニングを行う。足関節の底屈筋力がない場合には、股関節周囲筋や膝伸展筋群が代償的に働くという報告もあり¹⁵⁾、残存している筋の筋力トレーニングは重要である。足部は切断されているものの前脛骨筋や下腿三頭筋などの起始部は残存している。しかし、足関節が切断されているために抵抗がかけられず、筋力維持は困難である。

また、随意収縮の感覚を忘れないために足関節を底背屈するイメージで下腿筋群の筋収縮を練習するよう指導する。また下腿切断の場合には、術後に膝関節の屈曲拘縮を伴うことがある。術後に安楽な肢位を保つために、膝関節が屈曲位で保持されることで股関節の屈曲拘縮や膝関節の伸展制限が生じる。膝関節が完全伸展しない場合には、膝の関節角度に合わせた義足を作製しなければならないため関節拘縮に留意する。

Ⅲ-2. 大腿切断

大腿切断の場合には、膝関節が切断される。自然な歩行が可能になるために膝継手のある義足を装着することが多い。大腿四頭筋とハムストリングスは、膝関節が切断されているために筋力維持をすることが難しいが、筋萎縮が進行しないように筋力トレーニングを行う。荷重がかけられないことで大腿の筋群だけでなく、股関節周囲筋も筋萎縮が進行する可能性がある。切断側の股関節外転筋力は、歩行速度や歩幅の長さ、歩隔の狭さなどの歩行に関する要因とも関係しているため重要である¹⁶⁾。そのため、伏臥位や四つ這い、側臥位などの様々な姿勢で

バランス良く筋力を強化する。筋力トレーニングでは、切断により体肢が短縮したことで負荷がかけにくい。理学療法士は、重錘やチューブトレーニングなどの様々な手法で負荷をかけ、目的に合った骨格筋を的確に鍛えられるように指導する。下肢切断患者の義足を使用した歩行練習では、義肢装具士と歩容を確認しながら義足の調整を行う。膝関節の継手を使用している義足の場合には、歩行のタイミングに合わせて的確に膝継手の屈曲伸展が行われるように歩行練習と微調整を行い、自然な歩行を目指す。さらには、階段やスロープなどの場面でも歩行ができるように訓練を行い、自立した生活ができるように指導する。大腿切断者は下腿切断者よりも義足の装着が困難となり、転倒回数も多いことが報告されている¹⁷⁾。陸上などのスポーツ復帰をする場合には、専用の義肢が必要になるため、トレーニングと義足の調整を繰り返す必要がある。

Ⅲ-3. 上肢切断

上肢切断の場合には、切断していない方の上肢で日常生活が行えるように作業療法にて訓練や指導が行われる。利き手を切断した場合には、非利き手での生活が中心になるため、利き手交換ができるように訓練を行うことになる。患者は、義肢の装着を自ら行い、実際に義手を使用する練習を行う。

Ⅳ. 各論：大腿切断の理学療法の症例

切断後は、早期からリハビリテーション治療が実施される。下肢切断は、大腿切断か下腿切断かで理学療法の内容は異なる。大腿切断は、膝関節が切断されているため大腿四頭筋やハムストリングスの筋収縮を忘れないように筋力トレーニングの方法も指導する。大腿切断患者の理学療法プログラムでは、股関節や膝関節のストレッチ、上下肢すべての筋力強化を行う。特に、義足をコントロールするための股関節の可動性や股関節周囲筋(腸腰筋、大殿筋、中殿筋、股関節内転筋群)の筋力トレーニングを行う。筋力強化をするためには目的の筋に対して負荷をかける必要があるため、患者には努力をするように激励や指導が必要である。また、平行棒や松葉杖などの歩行補助具を利用し、残存している下肢と上肢の支持で立位練習や歩行練習を可及的早期から開始する。断

端形成や義足の作製をしながら切断肢にも段階的に荷重を行い、歩行練習を行っていく。筋力トレーニングの内容は、患者の状況に合わせて立案する必要があるが、大腿切断患者の訓練内容について紹介する。下腿切断後は、膝関節の屈曲拘縮を生じやすいのでストレッチも入念に行う。

IV-1. ベッド上での筋力トレーニング

殿部の挙上運動（図 1-1, 1-2）は、背臥位で残存している下肢を屈曲し、その下肢で殿部をベッド上から離

すように持ち上げる運動である。殿筋群やハムストリングス、背筋群の筋力トレーニングになる。非切断肢の膝関節の屈曲角度を伸ばすとハムストリングスの筋収縮が強くなり、運動負荷が増加する。

股関節の伸展運動（図 2-1, 2-2）は、股関節の伸展運動と大腿四頭筋の等尺性収縮による筋力トレーニングである。大腿の後面でボールを押しつぶすように力を入れ、大殿筋と大腿四頭筋の筋力トレーニングを行う。

股関節の内転運動（図 3-1, 3-2）は、股関節内転筋群の筋力トレーニングである。切断肢と反対側の下肢の



図 1-1 殿部の挙上運動



図 1-2 殿部の挙上運動



図 2-1 大腿四頭筋の等尺性収縮



図 2-2 大腿四頭筋の等尺性収縮



図 3-1 股関節の内転運動



図 3-2 股関節の内転運動

間にボールなどを挟み、押しつぶすように力を入れる。切断肢の断端長が短い場合には、ボールが落ちやすいため、ボール以外の物を使用することなど配慮する。

股関節の外転運動（図4-1、4-2）は、トレーニングチューブやゴムを使用し、切断肢の遠位と反対側の下肢に巻く。股関節を外転してトレーニングチューブを引っ張ることで股関節の外転筋群の筋力トレーニングになる。側臥位での筋力トレーニングは、切断側の下肢が上側になるように側臥位になる（写真の患者の場合は、左側臥位になる）。右股関節を外転させて股関節の外転筋群を鍛える。股関節の屈曲角度で強化できる筋が変わるため目的に応じた股関節の屈曲角度で運動ができるように指導する。

IV-2. 立位での筋力トレーニング

ベッド上での筋力トレーニングは、立位でも可能である。ただし、重力方向が変わることや立位を保持しながらトレーニングを行うため、臥位で行うトレーニングとは異なる点もある。股関節外転運動による股関節外転筋のトレーニングは、転倒を予防するために平行棒などに

つかまり、切断肢遠位にトレーニングチューブを巻く。切断側の下肢を外転させて、切断側の股関節外転筋のトレーニングを行う（図5-1、5-2）。ただし、トレーニングチューブが、落ちてしまうことがあるため配慮が必要である。

非切断側の下肢の筋力強化として、平行棒などを把持し、非切断側の下肢のスクワット（膝の屈伸運動）を行う（図6-1～6-4）。大腿四頭筋や殿筋群の筋力トレーニングである。

立位で非切断側下肢のカーフレイズ（つま先立ち）は、非切断側の下腿三頭筋（腓腹筋、ひらめ筋）の筋力トレーニングである。転倒を予防するために、平行棒などの固定されたものを把持し、立位で足関節を底屈して踵を持ち上げる（図7-1、7-2）。

IV-3. 歩行練習

下肢義足が作製されていない場合には、非切断下肢と上肢で平行棒内の歩行（図8）や松葉杖歩行を行う。切断下肢以外の筋力を強化する効果や歩行をする感覚を維持する効果がある。大腿切断患者は、膝継手のある下肢



図 4-1 股関節の外転運動



図 4-2 股関節の外転運動



図 5-1 股関節の外転運動



図 5-2 股関節の外転運動



図 6-1 非切断側下肢のスクワット（正面）



図 6-2 非切断側下肢のスクワット（正面）



図 6-3 非切断側下肢のスクワット（側面）



図 6-4 非切断側下肢のスクワット（側面）



図 7-1 非切断側下肢のカーフレイズ



図 7-2 非切断側下肢のカーフレイズ



図 8 平行棒内歩行

義足を作製することが多い。義足が作製されてから切断下肢への荷重をし、歩行練習やスクワットなどの荷重を加えた筋力トレーニングを行う。その際に、ソケットやパーツ、アライメント、膝継手、足部の種類と機能が適切かどうかを確認する。いずれの機能においても患者に合っていないと歩行能力の低下につながるため留意する。また、患者の背景因子や環境、ニーズを考慮したうえで義足の作製を検討する。その際には、医師、義肢装具士、理学療法士と患者自身を含めて義肢装具の作製に当たる。特に、義肢の細かな修正は、義肢装具士による

修正が必要である。

V. 加圧トレーニングの応用

切断患者への筋力トレーニングでは、筋力を付けにくいいくつかの原因がある。①体肢を切断するために肢長が短縮し、筋力トレーニングにおける抵抗をかけにくいこと。②切断肢には荷重をかける機会が少なくなり、筋力低下や筋萎縮を来しやすいこと。③切断肢を保護するために、運動を控えやすいことなどが挙げられる。しかし、切断肢はソケットとのゆるみを出さないためにも筋萎縮を進行させてはいけないため、積極的に筋力トレーニングを行う必要がある。また、高齢者の場合には、高負荷トレーニングに対しての受け入れが悪く、運動量や運動負荷が少なくなることがある。

加圧トレーニング¹⁹⁻²¹⁾は、適度な血流制限下での筋力トレーニングであり、tourniquetによる止血とは全く異なる。専用の加圧ベルトによる加圧は、動脈と静脈の血流を制限させるが、特に静脈の血流を制限し、血液の貯留を引き起こし、運動によるトレーニング効果を高めるトレーニング法である²²⁻²⁴⁾。加圧トレーニングは、軽い負荷にても筋肥大効果が期待され、まさに各種疾患患者ならびに高齢社会にふさわしいリハビリテーション訓練法であるといえる²⁵⁻²⁹⁾。運動方法としては、無荷重や弾

性バンド³⁰⁾、フリーウエイトの他、歩行³¹⁾、エルゴメーター³²⁾などでの運動でも使用される。このように加圧トレーニングは、高負荷をかけたくないリハビリテーション訓練法として注目されている。さらに、加圧トレーニングは、血流制限による運動時筋肉内酸素分圧の低下、低酸素、さらにベルト解放後の血管の反応性充血などにより、VEGF（血管内皮細胞成長因子）、一酸化窒素(nitric oxide, NO)産生が亢進して^{33, 34)}、内皮機能の改善、血流の改善につながる可能性も考えられる。このような生理的メカニズムを利用して、運動負荷がかけにくい状況下においても低負荷で筋力増強効果が得られる可能性がある。また、加圧トレーニングは、低負荷でも筋力を強化することが期待できるトレーニング方法であることから、切断肢だけでなく、非切断肢においても効果的であると思われる。以下に、米国での症例を含めて紹介する。

VI. 症例紹介

VI-1. 欧米の上肢切断症例（1）

症例（1）は、自動車事故により上肢切断となったアメリカ海兵隊（34歳、男性）である。2020年以来、左腕に20回の手術を受け、最終的に左前腕切断（図9、10）となった。前腕切断から4ヶ月後の創部が安定した後に、加圧サイクルによる加圧トレーニングを開始した（図11）。術後には神経因性疼痛があったが、加圧トレ



図9 義肢の装着



図10 前腕切断の断端部

ニングを開始してから4ヶ月後には、疼痛の改善と筋力の向上を認めた。なお加圧トレーニングによる有害事象は、認められなかった。対象者は、加圧トレーニング後に切断肢の疼痛と夜中痛の改善、切断肢の可動性の改善、日常生活動作（歩行、階段昇降、しゃがむ、起立など）の改善を報告している。なお本症例では、基礎疾患がなかった。

YouTubeにて実際のトレーニングの様子を見ることができるので参考にしてもらいたい。

<https://www.youtube.com/watch?v=aunk3lEjilk>

VI-2. 欧米の大腿切断症例（2）

症例（2）は、糖尿病によりPADとなった80歳（男性）である（図12）。両側下肢への加圧トレーニングを実施した。



図 11 上肢切断例と加圧トレーニング



図 12 大腿切断例と加圧トレーニング



図 13 下肢切断例の加圧 C3 による加圧トレーニング

VI-3. 本邦の下腿切断症例（3）

症例（3）は、PADにより下腿切断となった74歳（男性）である。既往歴に、狭心症と高血圧がある。大腿近位部に加圧 C3 を装着し、両下肢の筋力トレーニングを実施した。本症例は術後1ヶ月以内の症例であるため、軽い強度の圧で実施している（図13）。

なお、症例2及び症例3は、基礎疾患がある患者である。血管障害を有する患者、特に、血管原性切断となる高齢者の血管（特に動脈）に対して、粥状硬化などが起きている場合の阻血、止血は危険であると思われる。加圧トレーニングは、tourniquetによる止血とは全く異なるトレーニング法であるが、今後、基礎疾患のある四肢切断患者への加圧トレーニングの適正圧や加圧時間ならびに安全性などについて検討する必要があると思われる。

最後に

近年、糖尿病や動脈硬化症による疾患の増加とともに、切断患者が増加している。切断患者は、可能な限り切断前に近い状態で生活ができることを目標として、筋力トレーニングや関節可動域訓練、義肢の作製などを含めたリハビリテーション治療を行う必要がある。日常生活や仕事に復帰するだけでなく、スポーツ復帰や障害者スポーツをすることもあるため長期的なサポートや運動能力の向上を目指したリハビリテーション治療も必要である。こうした患者に、加圧トレーニングは低負荷でも筋力強化の効果が期待できるため、高負荷トレーニングに消極的な患者に対しても低負荷のトレーニングで筋力維持ができる可能性がある。また、加圧トレーニングを併用することで荷重がかけられない状況や体肢が短縮して負荷がかけにくい状態であっても筋力を付きやすくする効果が期待できる。今後、さらなる研究が必要である。

引用文献

- Ziegler-Graham K, MacKenzie EJ, Ephraim PL, Travison TG, Brookmeyer R (2008) Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050. *Arch Phys Med Rehabil* 89: 422-429.
- Bragaru M, Dekker R, Geertzen JH, Dijkstra PU (2011) Amputees and sports: a systematic review. *Sports Med* 41: 721-740.
- 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部企画課 (2008) 平成18年身体障害児・者実態調査結果 https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/dl/01_0001.pdf
- 水落和也 (2018) 切断の疫学—最新の動向—. *Jpn J Rehabil Med*. 55: 372-377.
- VA » Health Care » VA/DoD Clinical Practice Guidelines » Clinical Practice Guidelines » Rehabilitation Guidelines » Rehabilitation of Lower Limb Amputation (2017) <https://www.healthquality.va.gov/guidelines/Rehab/amp/VADoDLLACPG092817.pdf>
- Reichmann JP, Stevens PM, Rhein stein J, Kreulen CD (2018) Removable Rigid Dressings for Postoperative Management of Transtibial Amputations: A Review of Published Evidence. *PM R*. 10(5): 516-523.
- Smith E, Comiskey C, Ryall N (2008) Prevalence and patterns of back pain and residual limb pain in lower limb amputees at the National Rehabilitation Hospital. *Ir J Med Sci* 177(1): 53-57.
- Dijkstra PU, Geertzen JH, Stewart R, van der Schans CP (2002) Phantom pain and risk factors: a multivariate analysis. *J Pain Symptom Manage* 24: 578-585.
- Hanley MA, Jensen MP, Ehde DM, Hoffman AJ, Patterson DR, Robinson LR (2004) Psychosocial predictors of long-term adjustment to lower-limb amputation and phantom limb pain. *Disabil Rehabil* 26: 882-893.
- Perkins ZB, De'Ath HD, Sharp G, Tai NR (2012) Factors affecting outcome after traumatic limb amputation. *Br J Surg*. 99: 75-86.
- Ülger Ö, Yıldırım Şahan T, Çelik SE (2018) A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation. *Physiother Theory Pract* 34(11): 821-834.
- Heitzmann DWW, Leboucher J, Block J, Günther M, Putz C, Götze M, Wolf SI, Alimusaj M (2020) The influence of hip muscle strength on gait in individuals with a unilateral transfemoral amputation. *PloS one* 15 (9): e0238093.
- Wong CK, Ehrlich JE, Ersing JC, Maroldi NJ, Stevenson CE, Varca MJ (2016) Exercise programs to improve gait performance in people with lower limb amputation: A systematic review. *Prosthet Orthot Int* 40 (1): 8-17.
- Centner, C. Wiegel, P. Gollhofer, A. König, D (2019) Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 49: 95-108.
- Sadeghi H, Allard P, Duhaime M (2001) Muscle power compensatory mechanisms in below-knee amputee gait. *Am J Phys Med Rehabil* 80: 25-32.
- Nadollek H, Brauer S, Isles R (2002) Outcomes after trans-tibial amputation: the relationship between quiet stance ability, strength of hip abductor muscles and gait: *Physiother Res Int* 7: 203-214.
- Perkins ZB, De'Ath HD, Sharp G, Tai NR (2012) Factors affecting outcome after traumatic limb amputation. *Br J Surg* 99, 75-86.
- Gauthier-Gagnon C, Grisé MC, Potvin D (1999) Enabling factors related to prosthetic use by people with transtibial and transfemoral amputation: *Arch Phys Med Rehabil* 80: 706-713.
- Sato Y. (2005) The history and future of KAATSU Training. *Int. J. KAATSU Training Res*: 1-5.
- Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol* 2000; 88: 2097-2106.
- 中島敏明 (2007) 加圧トレーニングの理論と実践. 佐藤義昭, 石井直方, 中島敏明, 安部孝編. 講談社.
- Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, Hirose K, Matsumoto A, Takenaka K, Hirata Y, Eto F, Nagai R, Sato Y, Nakajima T (2005) Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol* 95(1): 65-73.
- Iida H, Kurano M, Takano H, Kubota N, Morita T, Meguro K, Sato Y, Abe T, Yamazaki Y, Uno K, Takenaka K, Hirose K, Nakajima T (2007) Hemodynamic

- and neurohumoral responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU in healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 100: 275-85.
- 24) Nakajima T, Iida H, Kurano M, Takano H, Morita T, Meguro K, Sato Y, Yamazaki Y, Kawashima S, Ohshima H, Tachibana S, Ishii N, Abe T (2008) Hemodynamic responses to simulated weightlessness of 24-h head-down bed rest and KAATSU blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 104: 727-737.
- 25) 中島敏明 (2010) 加圧トレーニングと筋肉の肥大. リハ医とコメディカルのための最新リハビリテーション医学. 編集主幹 上月正博, 芳賀信彦, 生駒一憲. 先端医療シリーズ 40. 先端医療技術研究所 pp 292-297.
- 26) Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y, Nakajima T (2010) Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in elderly subjects. *J Geriatr Phys Ther* 33: 34-40.
- 27) Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sugaya M, Nakajima T, Abe T (2011) Increases in Thigh Muscle Volume and Strength by Walk Training with Leg Blood Flow Reduction in Older Participants. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 66: 257-263.
- 28) Nakajima T, Yasuda T, Sato Y, Morita T, Yamasoba T (2011) Effects of Exercise and Anti-Aging. *Anti-Aging Medicine* 8: 92-102.
- 29) Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Uchida Y, Iida H, Meguro M, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T (2014) Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. *Scand J Med Sci Sports*. 24(5): 799-806.
- 30) Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, Koshi H, Iida H, Masamune K, Yamasoba T, Sato Y, Nakajima T (2015) Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 70(8): 950-958.
- 31) Abe T, Kearns CF, Sato Y (2006) Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, KAATSU-walk training. *J Appl Physiol* 100: 1460-1466.
- 32) Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, Sugaya M, Kudo M, Kurano M, Yasuda T, Sato Y, Ohshima H, Mukai C, Ishii N (2010) Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO_2 max in young men. *Journal of Sports Science and Medicine* 9: 452 - 458.
- 33) Li S, Li S, Wang L, Quan H, Yu W, Li T, Li W (2022) The Effect of Blood Flow Restriction Exercise on Angiogenesis-Related Factors in Skeletal Muscle Among Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol* 13:814965.
- 34) Horiuchi M, Okita K (2012) Blood flow restricted exercise and vascular function. *Int J Vasc Med*: 543218. doi: 10.1155/2012/543218. Epub 2012 Oct 22.
- 〈中島敏明は、KAATSU JAPAN 株式会社の寄附講座の所属であり、John Doolittle, Steven Munatones, 佐藤義昭は、KAATSU Global, Inc. の所属である。〉

【日本加圧トレーニング学会雑誌】 投稿・執筆規定

加圧トレーニングとは発明者佐藤義昭先生が47年以上の歳月を費やし試行錯誤の末に生み出されたメソッドであり、国内外には数多くの知的財産権を保有しております。「加圧トレーニング」という標章も商標登録された知的財産権の一つです。よって「加圧トレーニング」に関する知的財産権に基づく“加圧（血流制限下におけるあらゆるメソッドを含む）及び加圧トレーニング”に関する執筆に際しましては以下の各項目を踏まえ順守して下さい。

【知的財産権の基での順守事項】

論文・書籍（電子書籍を含む）（書籍の場合、別途“著作物許諾契約”の締結が必要です）

1. 論文・書籍の場合、著作者：佐藤義昭或いは著作権者：KAATSU JAPAN 株式会社の何れかとの共著または監修・謝辞の記載による出版が必須である。
2. 申請前に作成された論文で新たに使用する際も上記に準じ、許諾の申請が必要です。
出版された書籍に関しても増刷・重版時に同様の申請が必要です。
3. 見出しに加圧トレーニングの記載をする場合は、“加圧トレーニング®”と表記する。
4. 「加圧トレーニング」とは、の記載にあたり下記クレジットの表記が必須。
“「加圧トレーニング」とは、発明者佐藤義昭先生が47年以上にわたり研究を重ね生み出されたメソッドである。”
5. 本文中に「加圧トレーニング」の表示がある場合は、下記クレジットをフッターなど、その書類の何れかの箇所に表記する。
“本文中の加圧トレーニングの表示及び「加圧トレーニング」は、KAATSU JAPAN 株式会社の登録商標です。”

【投稿規定】

1. 投稿論文の種類

- ① 日本加圧トレーニング学会および各種関連学会・研究会において発表された論文
- ② 加圧トレーニングに関する未発表原著論文および症例報告
- ③ 加圧トレーニングに関する論文（総説、特別寄稿、紹介、資料、学会報告など）
その他

2. 投稿者の資格

本誌への投稿は、筆頭著者は本会の正会員に限る。ただし、編集委員会が認めた場合はこの限りでない。

3. 倫理的配慮

ヘルシンキ宣言に基づき対象者の保護には十分留意し、倫理的な配慮に関する記述をすること。

4. 原稿の採否および掲載について

投稿原稿の採否および掲載順は編集委員会が査読結果に基づいて決定する。

依頼原稿についても、編集委員会が必要に応じて修正、削除、加筆など原稿の訂正を求めることがある。

5. 掲載料

掲載料は、規定枚数以内は無料とする。ただし、規定枚数を超過した場合は、超過分に要した費用を徴収する。カラー掲載は実費負担とする。

6. 別刷り

掲載の際は、別刷り30部を無料で贈呈する。それ以上の別刷りを希望の場合は、50部単位にて申し受け、実費を徴収する。

7. 原稿送付方法

郵送投稿と電子投稿の2つの方法があるが、電子投稿がより推奨される。

1) 郵送投稿

投稿原稿はデータを保存した CD-R または USB を簡易書留で郵送すること。

2) 電子投稿

執筆規定に沿って作成された原稿を Microsoft Word (Windows / Macintosh) 形式で保存し、電子メールに添付して編集委員会へ送付すること。その時、図表もすべて Microsoft Word に貼付すること。

原稿送付先

〒100-0003 東京都千代田区一ツ橋 1-1-1 バレスサイドビル
株式会社毎日学術フォーラム内
「日本加圧トレーニング学会雑誌」編集委員会
E-mail: maf-kaatsu-soc@mynavi.jp

8. 著作権を含む知的財産権および出版権

本誌に掲載された論文（図表、写真を含む）の著作権および出版権は日本加圧トレーニング学会に帰属する。内容の一部または全部を引用・転載する場合には事前の許諾を必要とする。

9. 投稿誓約書の添付

本誌に掲載された原著、症例報告、短報が他誌への重複投稿をしておらず、投稿する論文内容について筆頭著者を含め共著者全員の同意が得られていることを証明するにあたり、著者、共著者全員が別紙「投稿誓約および同意書」に自筆による署名をして投稿論文に添付すること。

10. 投稿原稿について

投稿原稿は、未出版かつ他紙に投稿中の原稿でないこと。他誌に投稿された論文の図表等の一部を使用する場合には、既報の論文を引用すること。詳細については、編集委員にご相談ください。（編集委員会より日本加圧トレーニング学会誌（日本語）に掲載された論文のうち、英文誌への投稿もお願いすることもあります）

【執筆規定】

1. 標題（表題）頁

論文の種類、タイトル、著者名、所属機関と連絡先（郵便番号、住所、電話および FAX 番号、E-mail アドレス）、キーワード（3～5 語）

2. 要旨：400 字以内で、「目的」、「方法」、「結果」、「結論」を書き分けて簡潔に記載する。

3. 論文

a) 原稿の長さ

図表を含めて刷り上がりページ数で以下のものを基準とする。原著論文 8 ページ以内、症例報告 4 ページ以内、総説 6 ページ以内、特別寄稿 6 ページ以内、紹介 4 ページ以内。なお、刷り上がり 1 ページは 400 字詰め原稿用紙約 4 枚、1600 字に相当。表、図、写真は同原稿用紙 1 枚として概算すること。

b) 本文

はじめに（序論または緒言、目的を含む）、対象および方法、結果、（成績）、考察、結論で構成すること。

c) 見出し記号

大見出しから順に、1., 2., a), b), 1), 2).. とすること。

d) 度量衡単位

度量衡単位は原則として国際単位系（SI 単位）を用いること。

長さ：mm, cm, 質量：pg, mg, g, kg, 時間：s, min, 温度：℃, 周波数：Hz 等

e) 略語

略語は初出時にフルスペルで（必要に応じ和訳も）記載すること。

f) 機器名の記載法

機器名は、「一般名（会社名、製品名）」で記載すること。

g) 原稿の書式

A4用紙余白上下、左右 25 mm 40 文字 × 30 行 12 ポイント明朝体

4. 文献

引用文献のみとし、本文中の引用箇所には文献番号を右肩に記入して、引用順に並べること。

雑誌の場合は著者氏名、論文題目、雑誌名、巻、ページ、発行年（西暦）の順に書く。単行本の場合は著者名、表題、書名、版数、編集者名、発行社名、発行地名、ページ、発行年（西暦）を記載すること。

雑誌名の省略は、欧文雑誌にあつては“Index Medicus”の List of Journal Indexed に従い、和文雑誌は「医学中央雑誌」の収録雑誌略名表に従うこと。

引用文献の著者氏名が 4 名以上の場合は最初の 3 名を書き、他は、他、または et al. とすること。

〈例〉

雑誌

著者名（姓が先）：論文題目、雑誌名、巻ページ、発行年（西暦）

欧文雑誌

Nakajima T, Iida H, Kurano M et al. Hemodynamic responses to simulated weightlessness of 24-h head-down bed rest and KAATSU blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol* 104: 727-737, 2008.

和文雑誌

蔵野美葉, 飯田陽子, 安田智洋 他：各種急性運動における血中 PTX3 の反応について：CRP との比較。
日本心臓リハビリテーション 14: 98-103, 2009.

単行本

欧文

著者名（姓が先）、表題。In：編集者名, editor (s), 書名、サブタイトル、版数、発行地名、発行社名、始めの頁数－終わりの頁数、発行年（西暦）。

Ishii N. Factors involved in the resistance exercise stimulus and their relations to muscular hypertrophy. In: Nose H et al. (Eds.) *Exercise, Nutrition and Environmental Stress*. Cooper, MI, USA, pp. 119-138, 2002.

和文

著者名：表題、書名、サブタイトル、版数、編集者名、発行社名；発行地名、始めの頁数－終わりの頁数、発行年（西暦）。
飯田陽子, 中島敏明, 蔵野美葉：加圧トレーニング時の循環動態の変化。加圧トレーニングの理論と実践, 佐藤義昭, 石井直方, 中島敏明, 安部孝 編集, 講談社, 東京, p12-22, 2007.

5. 図表

1) 図表の作成について

図表は 400 字詰め原稿用紙 1 枚と換算する（図・表の転載は投稿前に著者の責任で転載許可をとり、許可書を提出すること）。

各図表には、表題を付け、図には、原則として説明文を付けること。

2) 図や写真の解像度について

図：印刷物からスキャナで画像を取り込む場合は、横 7.8 cm を基準として 150 dpi 以上の解像度とすること。

写真：写真は原寸印刷が可能のように、画像データのサイズは縦または横 7.8 cm 以上を基準として 150dpi 以上の解像度とすること。

被写体の人格権を尊重し、X 線写真などの氏名、ID など個人を特定できる可能性のある情報は必ず塗りつぶすこと。

投稿誓約および同意書

日本加圧トレーニング学会 殿

原稿整理番号（学会側で記入）： _____

論文名： _____

筆頭著者氏名： _____

この論文は下記のもの共同で執筆したもので、今までの他の雑誌に掲載されたり、他の雑誌に投稿中でないことを誓約いたします。また、その内容については筆頭著者を含め共著者全員の同意が得られていることを証明するため、著者全員の自筆署名をし、同意書としてここに提出します。

筆頭著者署名： _____ 日付： _____ 年 _____ 月 _____ 日

共著者署名 1： _____
 2： _____
 3： _____
 4： _____
 5： _____
 6： _____
 7： _____
 8： _____
 9： _____
 10： _____

日本加圧トレーニング学会雑誌 Vol.12 No.1

発行日 2022年12月1日
編集 佐藤 義昭
発行 一般社団法人日本加圧トレーニング学会
印刷所 勝美印刷株式会社