

血管損傷を伴う大腿骨骨幹部骨折の検討

札幌医科大学附属病院 高度救命救急センター 高橋 信行 入船 秀仁
北海道外傷・マイクロサージャリーセンター 土田 芳彦

Key words : Vascular injuries (血管損傷)

Femoral shaft fracture (大腿骨骨幹部骨折)

Blunt injury (鈍的外傷)

要旨：四肢骨折に主要血管損傷を合併する頻度は稀であるが、もし血管損傷が見逃され阻血時間が延長した場合は重篤な合併症を生じ、治療に難渋する。特に大腿骨骨幹部骨折に大腿動脈損傷を合併した場合は、再還流障害をはじめ、死に至りかねない致命的な合併症を起こす危険性がある。過去12年間の自験例では、患肢温存率50%であり、急性期やそれ以降にも様々な合併症をきたし治療に難渋していた。このような損傷が疑われる場合は、如何に阻血時間を短縮させるかが重要で最優先されるべきことであり、早期診断はもとより、早急に適切な施設に搬送して治療を行わなければならない。

はじめに

四肢骨折に主要血管損傷を合併することは稀であるが、血管損傷が見逃された場合には様々な全身的・局所的合併症を生じ、治療に著しく難渋する。四肢の骨折・脱臼に主要血管損傷を伴う頻度は0.6～3%とされているが²⁾、受傷早期は側副血行路のために典型的な阻血症状に乏しい場合が多く、受傷後早期における主要血管損傷の診断は困難である。初期診断が困難なことに加え、診断の遅れによる阻血時間の延長のため急性期には再還流障害を初めとする生命に影響を与えかねない合併症を併発しやすい。また、たとえ急性期に患肢を温存できても、それ以降に様々な合併症を生じることが多く、重篤な機能障害を残す。特に、大腿骨骨幹部骨折に血管損傷を伴った場合には、その診断の難しさや、組織量の多さのために治療に難渋すると考えられる。

今回我々は、過去12年間に当センターで治療を行った血管損傷を伴う大腿骨骨幹部骨折患者について調査を行ったので文献的考察を加えて報告する。

対象と方法

当センターのデータベースを基に1996年10月から2007年3月までの間に当センターで治療を行った大腿骨骨幹部骨折患者を対象とした。これらの患者群より主要血管損傷合併例を抽出し、それらの受傷機転、骨折型、阻血時間、血管損傷の診断方法、手術方法、術後合併症、治療経過、当センターでの入院期間、患肢温存率などについて、retrospectiveに調査した。

結 果

過去12年（1996年10月～2007年3月）に当センターで治療を行った大腿骨骨幹部骨折患者は122例130肢で、うち血管損傷を伴うものは4例4肢、全大腿骨骨幹部骨折の3.1%であった。いずれも男性で、平均年齢は39.3歳(23-55歳)であった(表1)。

受傷機転は、バイク事故が2例、重量物による圧挫が2例であった。AO Müller分類による骨折型は、A3, B1, B2, B3が各1例で、開放骨折は4例中2例であった。初診時の

表 1 症例の総括

性	年齢*	受傷機転	骨折型	初回手術	阻血時間	早期合併症	晩発期合併症	追加手術回数	入院期間**	患肢温存	
症例 1	男	55	バイク事故	AO32-B3, 41-C3	創外固定, 大腿静脈移植, 下腿筋膜切開	10時間	再還流障害	感染	4回	99日	○
症例 2	男	23	バイク事故	AO32-B2	創外固定, 大腿静脈移植	7時間	下腿コンパートメント症候群, 再還流障害	なし	4回	59日	○
症例 3	男	48	圧挫 (テトラポッドの下敷き)	AO32-B1, 開放骨折	創外固定, 大伏在静脈移植, 下腿筋膜切開	3日	再還流障害	虚血壊死	2回	48日	切断 (5ヵ月)
症例 4	男	31	圧挫 (コンクリートの埠頭に挟まった)	AO32-A3, 開放骨折	創外固定, 大伏在静脈移植, 下腿筋膜切開	6.5時間	大腿筋群の挫滅壊死	なし	2回	31日	切断 (8日)

*受傷時年齢

**当センターにおける入院期間のみ

阻血症状では，“阻血の6P”（疼痛，蒼白，運動麻痺，知覚異常，冷感，末梢動脈の拍動消失）がそろっていたものは4例中1例のみであった。血管損傷の確定診断は，血管造影によるものが3例，肉眼所見（開放創からの動脈性出血により診断）によるものが1例であった。

全例診断後，直ちに緊急手術を施行した。骨固定は全例創外固定を行い，動脈の再建は全例自家静脈移植（大伏在静脈2例，大腿静脈2例）による再建を施行した。他，追加処置として下腿コンパートメントの筋膜切開を3例に施行した。

阻血時間は，受傷後3日を経過してから再建を行った1例（症例3）を除いて，平均阻血時間は7.8時間（6.5-10時間）であった。

術後合併症としては，早期合併症では阻血再還流障害が3例，下腿コンパートメント症候群が1例，晩発期では感染が1例，虚血壊死が1例であった。

追加手術回数は平均2.75回（1-4回）で，追加手術の内容は，骨折固定の変更（創外固定から髓内釘固定）を3例，感染に対するデブリードマンを1例，同側別部位骨折に対する骨接合を1例，大腿切断を2例（症例3と4）に施行した。

当センターにおける入院日数は平均59.3日（31-99日），患肢温存率は50%であった。

代表症例

55歳，男性．バイク事故にて受傷し近医に搬送された．単純X線像にて左大腿骨骨幹部骨折



左大腿骨骨幹部骨折 (AO32-B3)，左下腿近位部骨折 (AO33-C3) を認めた。

図-1 受傷時単純X線所見

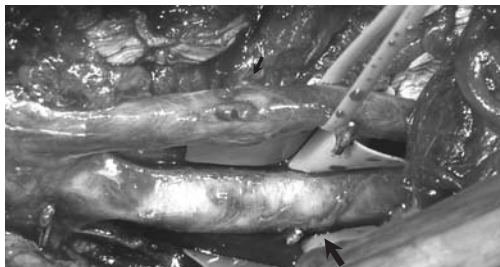
折、左脛骨高原骨折(図-1)を認めた。患肢の蒼白、冷感、知覚異常は明らかでないが、左足背動脈・後脛骨動脈の拍動が健側と比較して減弱しており、大腿動脈損傷が疑われ、当センターに転院搬送となった(受傷から当センター搬入まで、約4時間)。

搬入後、直ちに血管造影を施行した。骨折部周囲での左大腿動脈の途絶を確認し(図-2)、緊急手術を施行した。大腿骨、膝関節それぞれに創外固定を設置してから後方より進入し、大腿骨骨折部レベルでの血管損傷部位を直視下で確認した。大腿動静脈ともに明らかな断裂は認めなかったが、血栓形成が確認された(図-3)。血栓部を切開したところ、血管内膜の広



大腿骨骨折部に一致して大腿動脈の途絶像が認められる。

図-2 左大腿部血管造影所見



大腿動静脈に内膜損傷による血栓形成を認めた。太矢印: 大腿動脈, 細矢印: 大腿静脈

図-3 術中所見

範囲損傷による血栓形成であったため、この部位を切除し、動脈は大腿静脈を用いて再建を行った。血流再開後に足背動脈の拍動が十分得られていることを確認した後に、下腿の皮下筋膜切開(前方、後方)を追加し初回手術を終えた。阻血時間は10時間であった。

本症例は、術後、様々な合併症を生じた。術後に輸血を要する貧血の他、第2病日目には再還流障害による急性腎不全をきたし、持続的血液濾過透析(CHDF)を施行した。第12病日目に創外固定抜去し、大腿骨の順行性髄内釘固定を行ったが、第22病日目より大腿部のMRSA感染を併発したため、第24病日目に同部位のデブリードマンを施行した。これにより大腿部の感染は沈静化したため、第24病日目に脛骨近位部に対しロッキングプレートによるMIPO(minimum invasive plate osteosynthesis)を行った(図-4)。しかし、第42病日目に下腿のMRSA感染をきたしたため、第49病日目に下腿のデブリードマンを行った。その後、抗生剤投与を継続し、第93病日目に局所的にも血液検査上も感染が沈静化し、第99日目にリハビリ目的に転院となった。



最終的固定として、大腿骨は順行性髄内釘固定、脛骨はロッキングプレートによるMIPOを施行した。

図-4 術後単純X線所見



大腿骨、脛骨とも骨癒合は得られている。
図-5 12ヵ月経過時単純X線所見

術後12ヵ月経過時、独歩可能で、膝関節可動域は伸展 -15° 、屈曲 110° であり、感染徴候も無く、単純X線像にて大腿骨、脛骨ともに骨癒合が得られた(図-5)。本症例は、患肢温存は得られたが、術後様々な合併症を併発し、非常に治療に難渋した症例であった。

考 察

血管損傷を伴う四肢骨折は、Connolly²⁾によれば全骨折中で0.6~3%と発生頻度が少なく、初期治療に当たる整形外科医の認識が薄いのではないかと考えられる。受傷早期は典型的な阻血症状に乏しい場合が多く、特に閉鎖性骨折に合併した場合にはその発見は非常に困難である。新藤¹²⁾によると、受傷早期は古典的な阻血の6Pが存在することは少なく、初診時に阻血症状に乏しく見逃された症例が72.7%あったと報告している。また、Drapans^ら³⁾によると、四肢の主要血管損傷128例のうち、35例(27.3%)で末梢動脈の拍動が触知されたと報告している。受傷早期には末梢循環は側副血行によって維持されることで、損傷部より末梢の動脈の拍動が触知できる場合もあり、末梢動脈

の拍動の有無のみでは血管損傷を否定することはできないと考えられる。

一般的に、阻血のgolden hourは6時間とされている。大腿骨骨幹部骨折に伴う血管損傷の阻血時間の報告は、池田^ら⁴⁾の4例報告では平均10時間、高橋^ら¹³⁾の2例報告では、1例は1日、もう1例は3日であったと報告している。本研究でも、1例は受傷より3日経過しており、また受傷日に診断された残りの3例も平均7.8時間であった。自経例を含め、いずれの報告もgolden hourをはるかに超えていた。このことから四肢骨折に伴う血管損傷の早期診断が、如何に困難であるかがうかがえる。

阻血時間が延長されると、血行再建に成功しても重篤な合併症が待ち受けている。急性期の全身合併症として再還流障害は最も重篤で、血行再開直後の高カリウム血症による心停止や、CK、ミオグロビンによる急性腎不全などをきたすことがある。このため、阻血時間の短縮に努めることはもちろんであるが、さらに術中、術後の経時的な血中カリウム、CK、ミオグロビン濃度の測定や大量補液と強制利尿によるwash outが必要であるとされている。自件例でも1例、血行再建後の再還流障害による急性腎不全をきたし、CHDFによる治療を要した。大腿動脈損傷の場合には、筋体量が多く、再還流障害をきたす頻度が高いと考えられ、常に十分な全身管理が必要である。

急性期の局所合併症としてはコンパートメント症候群が重要であり、これが発症し進行すると、急性期には全身状態に影響を及ぼすばかりでなく、後に拘縮や神経麻痺といった重篤な機能障害を残す。このため、6時間以上の温阻血例、挫滅の高度な症例、コンパートメント内圧が30~40mmHg以上、コンパートメント内圧と拡張期血圧の差が10~30mmHg以内の時などに筋膜切開を施行することが推奨されている^{5,8)}。Connolly¹¹⁾、新藤¹²⁾も主要血管損傷例に対して虚血の進行を軽減する目的で予防的筋膜切開を推奨している。自験例では、血行再建時に予防的筋膜切開を3例に施行しており、施行

しなかった1例は、術後コンパートメント症候群を発症していた。このことから、主要血管損傷例、特に下肢の場合には筋体量が多いので、予防的筋膜切開は必須であると考えられる。

大腿骨骨折に伴う、大腿動脈損傷の予後についてのまとまった報告例は無いが、膝窩動脈損傷の成績は散見される。Pretreら¹⁰⁾による、8時間以上阻血の膝窩動脈損傷の8症例報告では、死亡例1例、切断例3例、末梢神経障害3例で、完全回復例は1例のみと、惨憺たる結果が報告されている。筋体量が多い大腿では、さらに予後が悪いことが予想される。自件例では死亡例はなかったが、4例中3例が再還流障害、1例がコンパートメント症候群をきたし、最終経過観察時の患肢温存率は50%と、自験例も決して良い成績とはいえない結果であった。

四肢血管損傷の場合、非常に緊急性の高い損傷であるので、その診断のための検査も簡便・確実・短時間であることが要求される。Lynchら⁶⁾は、下肢血管損傷のスクリーニングの指標として、ABI(ankle-brachial pressure index)を報告している。これは、ドップラー血流計を用いて足関節の収縮期血圧を測定し、足関節/上腕収縮期血圧の比率(上肢の場合は健側比)で表され、0.9未満であれば、感度87%、特異度97%で血管損傷の可能性が高いとされる。この方法は簡便で、すばやく行える手技で、スクリーニング法として有用性が高いが、損傷部位を確定できるものではない。画像診断の手段は多数存在するが、非侵襲・正確・簡便な検査が望まれる。血管造影は、最も確実な診断方法であるが、人手、手間、時間のいずれもかかり、どの施設でも迅速に行えるものではない。一方、カラードップラー超音波検査は、非侵襲的で、すばやく行えるが、感度が低く、検者の技量に依存するという欠点がある。one-shot angiographyは中枢側の動脈からone shotで10~20ml程度の造影剤を流して、単純X線写真を撮影する方法である。従来の血管造影よりもはるかに簡便で、短時間で撮影でき、その有用

性が報告されている⁹⁾が、損傷部より中枢の動脈にカテーテルを穿刺挿入する手間があり、正確な画像を得るにはある程度慣れが必要であると思われる。Multidetector CT(いわゆるマルチスライスCT)は迅速に多くのスライスが得られ、同時に多部位の撮影が可能である。Multidetector CTによる四肢CT-Angiography(以下、CTA)の高い感度と特異度が報告されており(感度90-95.1%、特異度98.7-100%)、四肢の外傷性動脈損傷の初期診断に有用であることが示唆されている⁷⁾。Busquetsら¹¹⁾によると、従来の血管造影と比較して、医療コストは大差なく、画像を得るのに必要な撮影時間は1分程度、再構築像を含む画像を起こす時間も15分程で、3次元像を得ることも可能で、四肢の外傷性動脈損傷の診断に有用であると報告している。CTAは手技的な問題や検者間の技量に影響されることがほとんどないので、四肢血管損傷が疑われる場合の第一選択となりうる検査方法であると考えられる。

阻血四肢を治療する場合、様々な周術期・晩発期合併症を初期治療の段階から十分考慮した治療戦略をもって治療に当たらなければならない。損傷血管の再建は当然であるが、可能な限り阻血時間を短縮し、後の合併症にも耐えうるものとする必要がある。通常、損傷血管は切除しなければならず、血管移植を併用した再建が必要となる場合が多いが、この際には感染に強い自家静脈移植にて再建するのが原則である。また、阻血時間短縮のためにtemporary shuntの併用も有用である。これは骨折治療の前にshunt tubeを留置して、一時的な血行再開を得るものである。Starrら¹²⁾は、特に阻血時間の長い例では、骨接合が完了するまでにtemporary shunt tubeを使用すべきであると報告しており、新藤¹¹⁾は、軟部組織の挫滅、汚染が強く、デブリードマン、軟部組織の修復に時間がかかる例がよい適応であると報告している。また、稲田ら⁵⁾は、10時間を越える温阻血例に対する再還流障害の軽減のための外科的手技として、再還流前部分筋体切除術を報告してい

る。これは、阻血筋体を選択的に再還流前に切除、破棄することによって再還流障害の程度を抑え、最低限度の機能四肢を温存しようというものであり、新しい治療手段の一つとなりうる可能性を述べている。

では、具体的に、血管損傷を伴う大腿骨骨幹部骨折の治療的戦略をどう考えたらよいか。大腿骨骨幹部骨折の場合、特に受傷部位に直接加わったエネルギーが強い AO Müller 分類 A3 以上の場合には、血管損傷の存在をあらかじめ疑って診療にあたる。受傷早期では側副血行により阻血症状が明確でないことが多いことを十分に理解し、初療時に阻血症状が明らかでなくても、時間をおいて何度も確認する。疑いがあれば、ABI 測定、CTA や one shot angiography による早期画像診断を行う。動脈損傷が診断されれば、直ちに手術室に向かう。手術までの阻血時間の程度により、temporary shunt の併用や、再還流前部分筋体切除などの外科的手技の工夫も考慮に入れる。血行再建後には、下腿の予防的筋膜切開も同時に行わなければならない。術中、術後は大量補液と強制利尿、血液検査を行いつつ再還流障害をはじめとする合併症に十分に対応できるように備え、もし合併症が発症したならば、直ちに必要に応じ

て CHDF をはじめとした集中治療を行わなければならない。また、急性期治療を乗り切った後の追加治療の際にも、阻血肢であるがため特別な配慮が必要であり、外傷治療に精通した経験のある術者が細心の注意を払って治療を行わなければならない。

このような一貫した治療を行える施設は限られており、四肢骨折に血管損傷の合併を疑ったら、可及的早期に適切な施設に直ちに搬送すべきである。阻血時間の延長は、そのまま preventable trauma disability を生じる結果となる。自施設での治療困難が予想されれば、たとえ画像診断を省略してでも直ちに適切な施設に搬送して、適切な治療を受けさせるべきである。

結 語

1. 当センターにおける。過去12年に血管損傷を伴う大腿骨骨折患者について調査した。
2. 阻血時間は平均7.8時間で、患肢温存率は50%であった。
3. 早期診断・早期治療が、患肢温存、重篤な合併症や機能障害の軽減に重要である。

参 考 文 献

- 1) Busquets AR., et al. : Helical computed tomographic angiography for the diagnosis of traumatic arterial injuries of the extremities. *J Trauma*. 2004 ; 56 : 625-628.
- 2) Connolly J. : Management of fractures associated with arterial injuries. *Am J Surg*. 1970 ; 120 : 331.
- 3) Drapans T., et al. : Civilian Vascular Injuries : A Critical Appraisal of Three Decades of Management. *Ann Surg*. 1970 ; 172 : 351-60.
- 4) 池田和夫ほか：血管損傷を伴った大腿骨骨折4例の治療経験。骨折 1993 ; 15 : 123-126.
- 5) 稲田有史ほか：血管損傷を合併した四肢骨折の治療。整形災害外科 2000 ; 43 : 1015-1023.
- 6) Lynch K., et al. : Can doppler pressure measurement replace "exclusion" arteriography in the diagnosis of occult extremity arterial trauma? *Ann Surg*. 1991 ; 214 : 737-741.
- 7) Miller-Thomas MM., et al. : Diagnosing traumatic arterial injury in the extremities with CT angiography : pearls and pitfalls. *Radiographics*. 2005 ; 25 : S133-142.
- 8) Moore RE., et al. : Current concepts in pathophysiology and diagnosis of compartment syn-

- dromes. J Emerg Med. 1989 ; 7 : 657-662.
- 9) O'Gorman RB., et al. : Emergency center arteriography in the evaluation of suspected peripheral vascular injuries. Arch Surg. 1984 ; 119 : 568-573.
 - 10) Pretre R., et al. : Lower limb trauma with injury to the popliteal vessels. J Trauma. 1996 ; 40 : 595-601.
 - 11) 新藤正輝：四肢動脈損傷. 救急医学 1993 ; 17 : 811-814.
 - 12) Starr AJ., et al. : Treatment of femur fracture with associated vascular injury. J Trauma. 1996 ; 40 : 17-21.
 - 13) 高橋文人ほか：閉鎖性骨折に合併する主幹動脈損傷の治療. 骨折 1989 ; 11 : 269-273.

ほっと ぷらざ

手術器械について思うこと

今年の4月よりメーカーの立ち入りが大幅に制限されるそうである。昔と比べて製品の種類が増え、新製品もどんどん発売されており術場は混乱しそうだ。卒後18年目で、「昔は…」と言えるような歳ではないが、研修医の頃はメーカーの数も少なく、競争も今程ではなく、立会いは余りなかったと記憶している。しかし、最近では、呼ばなくても必ずと言っていいほど立会いに来るため、後輩達はメーカーに頼ることが多く、営業マンに操られている様な場面を目にすることもある。私は他人がいると気になるので立会いは嫌いで来てもらうことは少なく、使い慣れてない器械の使用時は苦勞することもある。本来はじっくり器種の特長や道具の使用方法を覚えればいいはずなのだが、昔より製品が多く、さらに後を追うように新製品も出るため実際はなかなか難しい。一昨年、経皮的椎弓根スクリュー刺入の手術開始の前にアメリカで屍体を使ったトレーニングをしてきた。イメージも使い、実際に最後までできたので使用前に非常に参考になった。日本でも同様の試みが始められつつあるが、なかなか簡単にできる状況でないようだ。最近、学会でもワークショップが増えているが、実際に人体に入れるのとは異なる。術前に実際に則したトレーニングができる機会が増えることが望まれる。

市立札幌病院 奥村潤一郎