大阪急総医誌44（1）：13～16，2022.

原　　著

高度救命救急センターにおける
四肢コンパートメント症候群症例の診断遅延因子についての検討

救急診療科
前川隆博　中堀泰賢　西田岳史
梅村　穣　藤見　聡

Diagnostic delay factors in cases of limb compartment syndrome at critical care center

Takahiro Maekawa, Yasutaka Nakahori, Takeshi Nishida,
Yutaka Umemura, Satoshi Fujimi

Abstract

Limb compartment syndrome requires rapid and accurate diagnosis and early treatment. However, in emergency and critical care situations, some cases of limb compartment syndrome are difficult to diagnose promptly. The current study suggested, the disturbance of consciousness and sensory disturbance might sometimes cause a delay in diagnosis of limb compartment syndrome. Also, it is important for early diagnosis and treatment to recognize the presence of prolonged compression of the limb as an injury mechanism that predisposes to compartment syndrome.

Key words：Limb compartment syndrome, Fasciotomy, Early diagnosis

要　　旨

四肢コンパートメント症候群には迅速かつ的確な診断と早期の治療が必要となる．しかし，救命救急の現場においては，他の合併損傷の影響で四肢コンパートメント症候群の迅速な診断が難しい症例が少なくない．

当センターでの症例を振り返り，何が四肢コンパートメント症候群の診断および治療の遅れの原因となるかを考察した結果，意識障害，感覚障害の発生の関与が示唆された．また四肢コンパートメント症候群を発症しやすい受傷機転として長時間の患肢の圧迫を認識しておくことで早期診断・治療に繋がる可能性が示唆された．

は　じ　め　に

四肢コンパートメント症候群とは外傷や疾病により四肢のコンパートメント（骨，筋膜，骨間膜により囲まれた構造）の内圧が上昇し，その部位より末梢の局所灌流障害などをきたし，神経や筋に不可逆的変性をきたす緊急疾患である．これまでの報告から四肢コンパートメント症候群の発症から6～8時間で不可逆的な筋組織の変性が起こるとされている[1)]．

コンパートメントの除圧には減張切開術が必要となるが，そのタイミングと治療効果の間には関連があるとされる．例えば発症から12時間以内に減張切開術を行われた症例では68％の患者が正常四肢機能に回復したが，発症から12時間以降に減張切開術を行われた症例では，6％のみの患者しか正常四肢機能に回復しなかったという報告がある[1)]．また別の報告では，発症から12時間以内の減張切開術により，合併症の発生率は4.5％であったのに対して，12時間以降に減張切開術を行われた場合の合併症の発生率は54％まで著明に上昇した[2)]．

このように，受傷から治療までの時間は四肢コンパートメント症候群の機能的予後に大きく関わっており，経過が短

かった症例の転帰が良かったことが報告されている．したがって，迅速な診断・治療を達成するためにその臨床的特徴を詳細に評価することが必要となる．本研究の目的は，高度救命救急センターに搬送された四肢コンパートメント症候群において何が診断・治療の遅れにつながるのかを検討することである．

方　　　法

2016 年 1 月～ 2019 年 12 月に大阪急性期・総合医療センターに入院した四肢コンパートメント症候群について後方視的に検討した．症例ごとに発症，搬入から減張切開術開始までの時間およびその転帰を評価した．発症から 6 時間未満で診断し手術を開始できた症例を早期診断症例群，発症から 6 時間以上経過して診断し手術を開始した症例を遅延診断症例群とし，2 群を比較して診断・治療が遅延した原因について検討した．

結　　　果

症例数は 11 例であった．年齢，性別，搬入から診断・治療開始に要した時間を**表１**に，転帰を**表２**に示す．

全例で減張切開術を含めた集中治療を行っていた．四肢コンパートメント症候群を発症した 11 例の内，10 例（90.1%）に後遺症を残していた．早期診断症例群は 7 例，遅延診断症例群は 4 例であった．

早期診断症例および遅延診断症例の詳細をそれぞれ**表３**，**表４**に示す．

早期診断症例群では搬入から診断までの時間は最長でも 4 時間であった．遅延診断症例群では搬入から診断に 6 ～ 20 時間を要していた．また，遅延診断症例群では 4 例中 3 例で患部切断に至っていた．さらに 4 例中 2 例が死亡転帰であった．

早期診断症例群では搬入時に意識障害を認めた症例が 7 例中 1 例のみで，診断前に気管挿管された症例は無かったのに対して，遅延診断症例群では 4 例中 3 例に意識障害を認め，4 例中 2 例で診断前に気管挿管されていた．また，遅延症例群では 4 例中 2 例に患肢の感覚障害を認めていた．

考　　　察

急性発症の四肢コンパートメント症候群は，限られた解剖学的空間での圧力の上昇によって引き起こされる状態であり，組織灌流低下，低酸素，および時間の経過とともに進行する組織の壊死をもたらす[3]．

診断に至る臨床徴候としては 6P 徴候“① Pain（疼痛），② Pallor（蒼白），③ Paralysis（運動麻痺），④ Paresthesia（感覚異常），⑤ Pressure（or firmness）（腫脹，緊満），⑥ Pulselessness（脈拍消失）”の確認をもって臨床診断を行うが，救命救急センターへ搬送される症例では意識障害をきたしていることが多く，前述の 6P 徴候の確認ができない場合がある．

本研究の結果から，意識障害や気管挿管に伴う鎮静薬の使用，患肢の感覚障害により 6P 徴候の確認が出来なくなることで，診断の遅延が発生すると考えられる．

また，コンパートメント症候群自体，頻度が少ないことや，救命救急の現場では外傷性出血などをきたしていない限り四肢にまで注意が及びにくいことも診断遅延の一因となっている可能性がある[4,5]．

受傷機転から四肢コンパートメント症候群の発症を予測できれば，早期診断の一助になる可能性がある．本研究において 11 例中 4 例で長時間の同姿勢による患肢の圧迫が四肢コンパートメント症候群の原因となっていた．これまでにも骨折や血管損傷，長時間姿勢位置異常により四肢コンパートメント症候群を引き起こした症例が報告されている．[6,7]

表１．患者背景

年齢（歳）	54（34－72）
性別・男性	7（63.6）
搬入から診断・治療開始に要した時間（時間）	6.7（1.5－9.0）

※カテゴリー変数は症例数（%），連続変数は中間値（第１四分位－第３四分位）

表２．患者の転帰

転帰（例）	
独歩	1
杖歩行	3
独歩不可（車椅子等）	5
死亡（死因：小腸壊死，多臓器不全）	2

表３．早期診断症例（７例）

年齢（歳）	性別	受傷機転	搬入時GCS（点）	診断前挿管	搬入から診断（時間）	減張切開	デブリードマン	感染	患部切断	転帰
26	M	運動	15	無	4	有	無	無	無	車椅子
50	F	骨折	15	無	4	有	無	無	無	杖歩行
34	F	骨折	15	無	4	有	無	無	無	杖歩行
49	F	骨折	15	無	2	有	有	無	無	車椅子
75	M	ASO	14	無	1	無	無	無	無	車椅子
60	M	長時間同姿勢	15	無	1.5	有	有	有	無	杖歩行
51	M	圧挫	15	無	1.5	有	有	無	無	独歩

表４．遅延診断症例（４例）

年齢（歳）	性別	受傷機転	搬入時GCS	診断前挿管（点）	搬入から診断（時間）	減張切開	デブリードマン	感染	患部切断	転帰
79	M	交通外傷	14	有	21	有	有	有	有	死亡
24	M	長時間圧迫	3	有	20	有	有	無	無	車椅子
72	F	長時間圧迫	15	無	9	有	有	有	有	ベッド上
71	M	長時間圧迫	14	無	6	有	無	無	有	死亡

四肢コンパートメント症候群の診断方法としては患部の直接的な区画圧測定が挙げられる．拡張期血圧とコンパートメント内圧との差が30mmHgより小さい場合あるいは区画圧自体が50mmHg以上の場合は，原則，コンパートメント症候群と診断する[8)]．しかし，区画圧上昇の検出は医師の技術にも左右され，感度と特異度はそれぞれ24％と55％とも報告されている[9)]．

四肢コンパートメント症候群の迅速な治療（4時間以内）は非常に重要であり，筋膜切開によるコンパートメントの減圧で達成される[10)]．

コンパートメント症候群の発症から６～８時間で不可逆的な筋組織の変性が起こるとされている．診断遅延や治療遅延は，神経障害，筋壊死，拘縮，感染，四肢切断，死亡などの不可逆的な合併症を引き起こす可能性がある．一方，コンパートメント内圧が高くない症例に対しての不必要な筋膜切開を行った場合，むしろ転帰を増悪させる可能性がある．壊疽あるいは壊死をきたした筋区画に対して減張切開を行うことで感染症発症の温床になり，敗血症やクラッシュ症候群へ移行することがある[11)]．

したがって，早期の診断を行うには，どのような受傷機転があるとコンパートメント症候群を発症しやすいのかをあらかじめ把握し，意識障害により，6P徴候を得られなかったとしても迅速に診断できるようにしておくことが重要となる．

結　　語

救急医療の現場では，四肢コンパートメント症候群の診断が遅れる原因として，意識状態の悪化，診断前の挿管，患部の感覚障害がある．蘇生的初期治療の最中でも四肢の状態の変化に気を配ることが必要であり，事前に受傷機転から四肢のコンパートメント症候群の可能性を推定することも，早期診断・早期治療につながることが示唆された．

文　　献

1) G W Sheridan, F A Matsen 3rd. Fasciotomy in the treatment of the acute compartment syndrome. J Bone Joint Surg Am. 58(1) : 112-5, 1976.

2) Sheridan GW, Matsen 3rd FA. Fasciotomy in the treatment of the acute compartment syndrome. The Journal of Bone and Joint surgery. American Volume. 58(1) : 112-5 1976.

3) Sharri J Mortensen, Sebastian Orman, Joseph Serino, Amin Mohamadi, Ara Nazarian, Arvind von Keudell. Factors Associated with Development of Traumatic Acute Compartment Syndrome : A Systematic Review and Meta-analysis. Arch Bone Jt Surg. 9(3) : 263-271, 2021.

4) M J Matava 1, T E Whitesides Jr, J G Seiler 3rd, K Hewan-Lowe, W C Hutton. Determination of the compartment pressure threshold of muscle ischemia in a canine model. J Trauma 37(1) : 50-8, 1994.

5) M M Heckman 1, T E Whitesides Jr, S R Grewe, R L Judd, M Miller, J H Lawrence 3rd. Histologic determination of the ischemic threshold of muscle in the canine compartment syndrome model. J Orthop Trauma 7(3) : 199-210, 1993.

6) Bruce Browner, Jesse Jupiter, Christian Krettek, Paul Anderson. Skeletal Trauma : Basic Science, Management, and Reconstruction. Saunders; 2014.

7) Arvind G von Keudell, Michael J Weaver, Paul T Appleton, Donald S Bae, George S M Dyer, Marilyn Heng, Jesse B Jupiter, Mark S Vrahas. Diagnosis and treatment of acute extremity compartment syndrome. Lancet 386(10000) : 1299-1310, 2015.

8) 日本救急医学会．コンパートメント症候群. https://www.jaam.jp/dictionary/dictionary/word/1113.html

9) Franklin D Shuler 1, Matthew J Dietz. Physicians' ability to manually detect isolated elevations in leg intracompartmental pressure. J Bone Joint Surg Am 92(2) : 361-367, 2015.

10) F A Matsen 3rd. Compartmental syndrome. An unified concept. Clinical Orthopaedics and Related Research® 113 : 8-14, 1975.

11) K B L Lim, T Laine, J Y Chooi, W K Lye, B J Y Lee, U G Narayanan. Early morbidity associated with fasciotomies for acute compartment syndrome in children　Journal of Children's Orthopaedics 12(5) : 480-7, 2018.