

症例報告



多発外傷により長期陽圧換気を必要とした フレイルチェストの一症例*

庄田好孝

【要旨】

フレイルチェストの治療は陽圧換気を用いた内固定が標準治療とされている。現状、外科的固定術のエビデンスは乏しいが、観血的整復固定術（Surgical Stabilization of Rib Fractures；以下、SSRF）について、その有用性が報告されている。

症例は34歳の男性で、自動車に引きずられ受傷した。全身挫傷、多発肋骨骨折、フレイルチェスト等を認めた。挿管、人工呼吸管理として陽圧換気を開始した。2度の植皮術、気管切開術、陰圧閉鎖療法を行った。73日目に日常生活自立し退院した。

SSRFの適応と考えられたが、前胸部の皮膚損傷が大きく陽圧換気での内固定とせざるを得なかった。関節や臀部の皮膚移植術のため、生着まで四肢の運動制限も必要とした。フレイルチェストと皮膚損傷の治療を平行して行う中、急性心筋梗塞（Acute Myocardial Infarction；AMI）も加わり、それぞれの状況を鑑みながらのリハビリテーションの実施を必要とした。特に、人工呼吸器を離脱する頃までは物理的な制約が大きく、理学療法士一人では運動療法を行うことは難しかった。看護師や医師との協働により、安全かつ積極的な運動療法が行えた。長期間内固定が必要な症例においても集学的治療、多職種協働で積極的に理学療法を実施することが重要であり、その必要性を実感した。

キーワード：フレイルチェスト、陽圧換気、観血的整復固定（SSRF）

はじめに

フレイルチェストは日本救急医学会において「鈍的胸部外傷で多発肋骨骨折や胸骨骨折がおこると、正常な胸壁運動が障害される。2本以上の連続する肋骨（または肋軟骨）が2箇所以上で骨折する（分節骨折）と、その部分の胸郭は不安定となり、自発呼吸では吸気時に支持性を失った部分（flail segment）が陥凹し、呼気時に突出する奇異呼吸（paradoxical respiration）を呈する状態」と定義されている¹⁾。フレイルチェストは呼吸不全を

起こす可能性が高く、呼吸状態が保てない場合は人工呼吸器管理を必要とする。フレイルチェストの治療は1956年のAveryらの報告²⁾以降、陽圧換気を用いた内固定（internal pneumatic stabilization）が標準治療とされている。外科的固定の適応に関するエビデンスはないのが現状であるが、本邦においてTanakaら³⁾は肋骨の観血的整復固定（Surgical Stabilization of Rib Fractures；以下、SSRF）が入院期間、ICU（Intensive Care Unit；以下、ICU）滞在日数、人工呼吸器期間、肺炎リスク、気管切開率、医療コストを減少させたと報告している。その後、多数の報告⁴⁻¹⁰⁾にてその有用性が支持され、近年ではフレイルチェストのない多発肋骨骨折にも適応が拡大してきている。しかし、単一施設の報告や症例報告にとどまっており、SSRFの適応が確立されるには至っていない。

今回、多発外傷によりフレイルチェストを呈

* A case of flail chest requiring prolonged positive pressure ventilation due to multiple trauma

名古屋市立大学医学部附属東部医療センター
リハビリテーション技術科
(464-8547 名古屋市千種区若水一丁目2番23号)
Yoshitaka Shoda, PT: Department of Rehabilitation,
Nagoya City University East Medical Center

E-mail: emc6411@med.nagoya-cu.ac.jp

(受付日 2024年7月20日/受理日 2024年11月18日)

し、SSRFの適応と考えられたが、胸部皮膚損傷が大きく陽圧換気での呼吸管理とせざるを得なかった症例を経験したので報告する。

症例紹介

症例は34歳、180cm、76.4kgの男性である。既往歴はなく、塗装業に従事していた。自走式立体駐車場で自動車に轢かれ、4階から1階まで引きずられ受傷した。歩行者対乗用車の交通事故の歩行者である。自動車は一旦停車後、胸腹部に乗り上げて轢過した模様である。搬送時、ショックバイタルで不穏状態であり、全身挫傷、多発肋骨骨折、フレイルチェスト、外傷性血気胸、左腎動脈損傷、歯牙損傷、鼻骨骨折を認めていた。挿管、人工呼吸管理をされ、腎動脈の造影検査を行った後、ICUに入室となった。

倫理的配慮

本症例報告を行うにあたり、患者には十分な説明をし、書面にて同意を得た。

経過

X日119番通報から27分後に当院Emergency Room (ER) に到着した。意識レベルはJapan Coma Scale II -20~30で、ショックバイタル、不穏状態であった。挿管、人工呼吸管理として陽圧換気が開始された。Computed Tomography 検査で後腹膜血腫、左腎損傷を認めたため、腎動脈造影が実施された。左腎動脈の内膜損傷を認めるも、血管外漏出や仮性動脈瘤は認めなかった。血管内治療は行わずにICUに入室となった。

多数の外傷があったが(表1)、全身のⅢ°熱傷様の皮膚・皮下組織の挫滅創と、多発肋骨骨折によるフレイルチェストが当面の治療対象となった。皮膚挫傷の治療に平行して、フレイルチェストに対するSSRFが検討された。X+2日リハビリテーション(以下、リハ)(理学療法)を開始した。X+3日前胸部の皮膚損傷が大きいため、SSRFは困難と判断され、陽圧換気による内固定が継続となった。ICU入室中の人工呼吸器(HAMILTON-C3)の設定は、換気モード: Pressure Control Ventilation +, 吸入酸素濃度: 0.3, 呼気終末陽圧(Positive Endo-Expiratory Pressure; PEEP): 12 cmH₂O, 吸気時間(Ti): 1.45秒, 吸気圧(Pi): 8 cmH₂O, 呼吸回数(f): 22回/分が多くを占め、実測値は一回換気量(Tidal Volume; TV): 550 ml, 分時換気量(Minute Volume; MV): 10.2 L, 呼吸回数(Respiratory Rate

表1. 多発外傷の内訳

- 全身挫傷
(左顔面, 左頸部, 右前胸部, 左背部, 左臀部, 右肘, 両足)
Ⅲ°熱傷様の皮膚・皮下組織の挫滅創
- 多発肋骨骨折, フレイルチェスト
右3-7, 9肋骨骨折, 6, 7は2か所で骨折。
左2-8肋骨骨折, 2-7は両側で骨折。
- 外傷性血気胸, 左1度気胸
- 腎動脈損傷
- L3圧迫骨折(退院間際に, 受傷前からあったと聞く)
- 左肩鎖関節脱臼(Rockwood type V. piano key sign+)
- 歯牙損傷
- 鼻骨骨折
- 右外傷性視神経症(覚醒後, 視野障害の訴えあり, 精査, 診断)

; RR) 22回/分であった。全身状態がコントロールされた2日目以降はカテコラミンは使われず、P/F比(P/F ratio)は350で、呼吸・循環動態は安定していた。尿量は200ml/日となり、尿素窒素70.2 mg/dL, クレアチニン6.94 mg/dL, 推算糸球体濾過量8となったため、急性腎障害に対して血液透析(hemodialysis; 以下, HD)が行われた。電解質、酸塩基平衡は破綻なく、尿量増加傾向だった。しかし、溶質除去が不十分のため透析による支持が必要と判断され、X+5, +8日にHDが行われた。X+9日デブリードマン・植皮および気管切開術(表2)が行われ、術後にHDが施行された。その後、腎代替療法からは離脱した。X+10日デブリードマン後、右肘と右膝に陰圧閉鎖療法(Negative Pressure Wound Therapy; 以下, NPWT)が開始された。NPWTが行われている右肘と右膝の創部ドレーンはY字で一台の本体につながっていた。そのため、背臥位、右下肢伸展位では右手を顔に持ってくることはできたが、上肢挙上はできず、右上下肢の運動制限の要因になった。しかし、創部痛やNPWTによる運動制限はあるものの、動かせる範囲での四肢のMMTは5レベルであった。X+21日NPWTが終了となった。X+22日(術後13日)生着順調のため、座位・立位を開始し、X+24日に立位、X+26日に足踏みを開始した。人工呼吸器は日中吹き流しとなった。右肘と右膝の創部はポケットになり、右肘は骨露出もあったため、NPWTを再装着された。NPWTは2回目の植皮術まで継続された。X+30日日中呼吸器を離脱し、室内気でスピーチカ

表 2. 手術内容

	X+9 日	X+33 日
	デブリードマン・植皮および気管切開術	デブリードマン・植皮術
左頬部, 左頸部	腹部から全層にて採皮・植皮 ^{※1}	全層植皮術
前胸部	大腿部から分層にて採皮・植皮 ^{※1}	分層植皮術
背部	左大腿外側部より採皮・分層植皮 ^{※1}	分層植皮術
臀部	左大腿外側部より採皮・分層植皮 ^{※1}	
左腹部	採皮	
右肘	デブリードマン → X+10 日 NPWT ^{※2, ※3}	皮弁形成術
右大腿部裏	採皮	
右膝	デブリードマン → X+10 日 NPWT ^{※2, ※3}	皮弁形成術
右足背	大腿部から分層にて採皮・植皮 + 人工真皮 ^{※1}	皮弁形成術
左足背	大腿部から分層にて採皮・植皮 + 人工真皮 ^{※1}	分層植皮術

ニューレの使用が開始となった。X + 33 日デブリードマン・植皮術（表 2）が施行された。X + 37 日日中の呼吸器離脱が再開され、車いす乗車を始めた。X + 38 日気管カニューレが抜去され、気管孔の閉鎖（ガーゼとテープで被覆）が行われた。X + 39 日歩行車歩行 30 m が可能となった。眼科にて右外傷性視神経症で失明と診断された。X + 45 日室内レベルの独歩は可能であったが、病棟廊下歩行となると、体幹・下肢の創部痛のため支えを必要とした。歩行車歩行では左肩関節に荷重がかかり疼痛を呈すること、杖では年寄りくさくて嫌という理由で、片松葉杖歩行を選択した。病棟で松葉杖歩行を行うために松葉杖を貸し出した。

X + 46 日早朝、心室頻拍のため、電氣的除細動が行われた。緊急冠動脈造影が行われ、#2 total だった。経皮的冠動脈形成術（Percutaneous Coronary Intervention；以下、PCI）を施行され、循環器疾患集中治療室入室となった。残存狭窄はなく、MAX Creatine Phospho Kinase は 964 U/L だった。緊急冠動脈造影では左冠動脈から Rentrop 分類 3 度の側副血行が発達していた。同日リハ再開した。

X + 51 日片松葉杖歩行を再開した。Barthel Index（以下、BI）35 点だった。X + 58 日 BI 50 点、X + 66 日 BI 100 点と改善し、X + 72 日独歩・日常生活自立し、自宅退院となった。

左肩鎖関節脱臼は手術適応であったが、退院を優先し、保存療法が選択された。

考察

フレイルチェストの標準的治療とされる陽圧換気での内固定は人工呼吸器期間の長期化や人工呼吸器関連肺障害、肋骨の変形治癒などの可能性がある。安静期間により廃用症候群を呈する可能性もあり、骨癒合が得られるまでは骨折部の疼痛も継続する。

本症例は多発肋骨骨折によるフレイルチェストを呈していたため、SSRF の適応と考えられたが、前胸部の皮膚損傷が大きく陽圧換気での内固定とせざるを得なかった。人工呼吸器の設定は吸入酸素濃度：30%で継続されており、酸素化よりも陽圧換気での胸郭固定が主な理由だった。

関節や臀部の皮膚損傷に対するデブリードマン、皮膚移植術を行っているため、皮膚の生着まで四肢の運動制限を必要とした。特に臀部と膝の運動制限（股関節と膝関節の屈曲制限）は座位の制限につながり、ベッド上安静を余儀なくした。齋藤ら¹¹⁾は、植皮直後は生着が脆弱であることから、植皮後の関節可動域訓練は、5 日以降から開始し、10 日までは徐々に広げていくこと、浅野ら¹²⁾は植皮片は術後 8～14 日目には生着がほぼ完成し、シャワー浴も可能と報告している。また、Gurlt による骨治癒日数¹³⁾では肋骨骨折部に仮骨の形成がみられるのは 3 週間とされている。本症例は X + 22 日（術後 13 日）に人工呼吸器装着下で座位・立位を開始できた。肋骨骨折としては内固定 3 週間に、皮膚損傷としては移植術後 2 週間以内に、皮膚の生着、呼吸状態、骨癒合の状況をみながら、離床を進めることができた。

右肘と右膝のNPWTのドレーンがY字で一台の本体につながっていたことや、創部痛があったことで運動制限になったが、明らかな筋力低下を認めなかった。2回目の術後やAMIでの循環器疾患集中治療室入室も含めて約1か月間の集中治療室入室となったが、ICU-Acquired Weaknessや廃用症候群に陥ることはなく過ごすことができた。人工呼吸器、NPWT、複数の持続点滴、膀胱留置カテーテル、心電図モニター、パルスオキシメーターなど多数のルートがついている中、集中治療センターの看護師、医師と協働することで、症例に苦痛を与えず、安全に離床を行えた。スピーチカニューレを装着するまでは息切れ・呼吸困難感をはじめ感情・意思の表出が難しかったが、人工呼吸器やパルスオキシメーター、観血的動脈圧の値を見ながら座位・立位訓練を行うことで息切れや起立性低血圧症状なく、安全かつ積極的に離床を進めることができた。

その後、順調にリハは進み、片松葉杖歩行病棟内フリーになったが、偶発的に心室頻拍、AMIを呈した。胸部症状がないこと、プラーク性状、側副血行路から、もともと高度狭窄があった部分でプラークが破綻し不整脈が誘発されたものと診断された。総コレステロール294mg/dL、低密度リポタンパク質(LDL)コレステロール224 mg/dL、中性脂肪225 mg/dL、高密度リポタンパク質(HDL)コレステロール36 mg/dLで、父にAMIの既往があり、兄も高コレステロール血症があるため、AMIの原因は家族性高コレステロール血症であると考えられた。PCI5日後にはもとの日常生活に戻ることができた。当院ではAMIはPCI後5日程度でリハ室での運動療法に移行している。膝関節に植皮部があるため、一般的な心臓リハで行うリハ室でのエアロバイク駆動は行えなかったが、植皮部の創部管理下のもと運動療法を行うことができた。

フレイルチェストと皮膚損傷の治療を平行して行う中、AMIも加わり、それぞれの状況を鑑みながらのリハの実施を必要とした。特に、人工呼吸器を離脱する頃までは物理的な制約が大きく、理学療法士一人では運動療法を行うことは難しかった。看護師や医師との協働により、安全かつ、積極的な運動療法が行え、大きな問題なく歩行・日常生活自立となった。長期間内固定が必要な症例においても集学的治療、多職種協働で積極的に理学療法を実施することが重要であり、その必要性を実感した。

まとめ

今回、多発外傷によりフレイルチェストを呈し、SSRFの適応と考えられたが、皮膚損傷が大きく陽圧換気での呼吸管理とせざるを得なかった症例を経験した。陽圧換気は胸郭固定が主な理由だった。皮膚の生着、呼吸状態、骨癒合の状況をみながら、順調に座位、立位、歩行訓練を進めることができた。人工呼吸器をはじめ多数の医療機器がつながっているため、理学療法士一人での介入が難しかったが、医師、看護師との多職種協働により、安全かつ積極的なリハを行うことができた。

【文献】

- 1) 日本救急医学会ホームページ医学用語解説集 フレイルチェスト. <https://www.jaam.jp/dictionary/dictionary/word/0406.html>, (2024年6月22日引用)
- 2) Avery EE, Benson DW, et al.: Critically crushed chests; A new method of treatment with continuous mechanical hyperventilation to produce alkalotic apnea and internal pneumatic stabilization. *J Thoracic Surg.* 1956; 32: 291-311.
- 3) Tanaka H, Yukioka T, et al.: Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma.* 2002; 52: 727-732.
- 4) 宇根一暢, 山賀聡之・他: ステロイド長期内服患者の多発肋骨骨折に対する外固定の1例. *日本救急医学会雑誌.* 2013; 24: 453-457.
- 5) 森田知佳, 松本尚也・他: フレイルチェストに対する外科的肋骨固定が入院期間の短縮に有用であった1例. *日本救急医学会雑誌.* 2020; 31: 18-22.
- 6) 山崎大輔, 徳丸鉄平・他: フレイルチェストを呈した重症胸部外傷患者に対し手術加療を行った1例. *整形外科と災害外科.* 2021; 70(1): 160-163.
- 7) 佐藤和生, 土田芳彦・他: 骨接合を行った多発肋骨骨折の1例. *北海道整形災害外科学会雑誌.* 2022; 63(2): 126-129.
- 8) 金子直之, 柚木良介・他: 自験62例における多発肋骨骨折に対する手術治療の変遷と文献的検討. *日本外傷学会雑誌.* 2023; 37(2): 21-32.
- 9) 土居満, 田口憲士・他: フレイルチェスト, 多発肋骨骨折に対する早期内固定への取り組み. *整形外科と災害外科.* 2024; 73(1): 128-130.

-
- 10) 土居満, 田口憲士・他：フレイルチェストに対する骨接合術の治療経験. 骨折. 2024; 46(2): 331-335.
 - 11) 齋藤大蔵, 岡田芳明・他：熱傷の急性期リハビリテーション. Journal of clinical rehabilitation, 2000; 9(2): 148-153.
 - 12) 浅野隆之, 中川雅裕・他：皮膚移植・皮弁. Journal of clinical rehabilitation, 2005; 14(1): 4-7.
 - 13) 広畑和志：標準整形外科学(第5版). 医学書院, 東京, 1994, pp. 551-569.