

## ネイルガンによる穿通性心損傷および脳損傷の1例

A case of penetrating heart and head injuries caused by a nail gun

小野寺 康暉<sup>1</sup> 古峰 弘之<sup>1</sup>  
 土屋 亮輔<sup>1</sup> 栢原 智道<sup>1</sup>  
 寺西 亮雄<sup>1</sup> 武 裕士郎<sup>1</sup>  
 吉武 明弘<sup>2</sup> 中嶋 博之<sup>2</sup>  
 根本 学<sup>3</sup> 栗田 浩樹<sup>1</sup>

Koki Onodera<sup>1</sup>, Hiroyuki Komine<sup>1</sup>,  
 Ryosuke Tsuchiya<sup>1</sup>, Tomomichi Kayahara<sup>1</sup>,  
 Akio Teranishi<sup>1</sup>, Yushiro Take<sup>1</sup>,  
 Akihiro Yoshitake<sup>2</sup>, Hiroyuki Nakajima<sup>2</sup>,  
 Manabu Nemoto<sup>3</sup>, Hiroki Kurita<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 埼玉医科大学国際医療センター 脳卒中外科  
 Department of Cerebrovascular Surgery,  
 Saitama Medical University International Medical Center

<sup>2</sup> 埼玉医科大学国際医療センター 心臓血管外科  
 Department of Cardiovascular Surgery,  
 Saitama Medical University International Medical Center

<sup>3</sup> 埼玉医科大学国際医療センター 救急救命科  
 Department of Emergency Medicine,  
 Saitama Medical University International Medical Center

### Key words

- Penetrating heart injury
- Penetrating head injury
- Nail gun

Received September 30, 2021

Accepted October 26, 2021

Neurotraumatology 44: 55–59, 2021

Nail gun injuries often occur in the extremities, but important organs such as the heart and brain can be damaged in some cases. Some of them result in several wounds and require urgent surgical interventions. Because injuries of multiple organs are extremely rare, the priority of surgical treatments is not established and should be considered according to each case. Herein, we report a case of penetrating heart and head injuries caused by a nail gun. A 44-year-old man was admitted to our institute after shooting himself using a nail gun the previous day. His consciousness was clear without the neurological deficit and his vital signs were stable despite the vital organ injuries. Chest Computed Tomography (CT) scan showed a nail penetrated his heart and head CT revealed the tips of 2 nails reached the right frontal lobe and the right temporal lobe respectively, but they did not indicate cardiac tamponade and intracranial hemorrhage. The other 4 nails around the occipital and cervical portion did not reach the intracranial and stopped in the subcutaneous tissue. After consultation with cardiovascular surgeons, we decided to perform surgery on his heart first, because the nail can get deeper and destroy his heart owing to its beat. It was performed using a cardio-pulmonary bypass under heparin administration. After measuring activated clotting time, we confirmed that the effect of heparin had disappeared, and started craniotomy. All the nails were successfully removed. The postoperative course was uneventful without neurological deficit and complications, and he was discharged on the 16th postoperative day. In the case of multiple organ injuries, rational strategy and earlier surgical interventions are indispensable for a good prognosis.

## I ————— はじめに —————

ネイルガンによる穿通外傷はナイフや銃弾による穿通外傷に比べて比較的予後が良いとされているが、しばしば複数箇所及び、緊急での手術介入が必要となることが多い<sup>1)</sup>。Computed Tomography

(CT) などによる外傷の評価および迅速な手術計画が求められるが、複数臓器の損傷は比較的稀であり、その治療の優先順位は確立されておらず、それぞれの場合に応じて行われるのが現状である。今回、ネイルガンによる穿通性心損傷および脳損傷に対して早期に抜釘を行い、良好な転帰を得ら

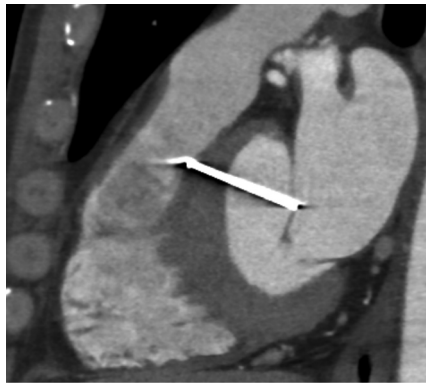


Fig.1 Preoperative sagittal chest computed tomography (CT) scan with contrast agent. It demonstrates that a nail penetrated through the inter-ventricular septum and left ventricular outflow tract, and its tip reached the anterior leaflet of the mitral valve.

れた症例を経験したため文献的考察を加えて報告する。

## II 症 例

症 例：44 歳，男性

主 訴：胸痛

既往歴：不安神経症

現病歴：屋外で自殺目的にネイルガンで計 7 発の釘を左前胸部（1 発），右側頭部（2 発），後頸部（3 発），後頭部（1 発），に打ち込んで受傷した。そのまま何事もなく帰宅したが，翌日，父親に発見されて独歩で前医を受診し，手術加療目的に当院へ転院搬送となった。

来院時現症：血圧 159/120 mmHg，脈拍 91 bpm，呼吸数 17 回/分，Glasgow Coma Scale E4V5M6，体温 37.2 °C，瞳孔 5.0/5.0 mm で対光反射も正常であった。視診上，右側頭部，後頸部，後頭部，左前胸部に穿通創を認めた。

画像所見：胸部 CT では左前胸部より刺入し，右室流出路直下，心基部心室中隔，左室流出路を貫通し，先端が僧房弁前尖付近に至る細長い高輝度の異物（釘）を認めた (Fig.1)。心嚢液の貯留，縦隔血腫および気胸は認めなかった。頭部 CT ではそれぞれ，右蝶形骨から刺入して先端は右前頭葉に (Fig.2-A)，右側頭骨から刺入して先端は右側頭葉に至る細長い高輝度の異物（釘）を認めた (Fig.2-B)。頭蓋内には明らかな血腫は認めなかった。頭部 CT Angiography (CTA) では 2 本の釘は

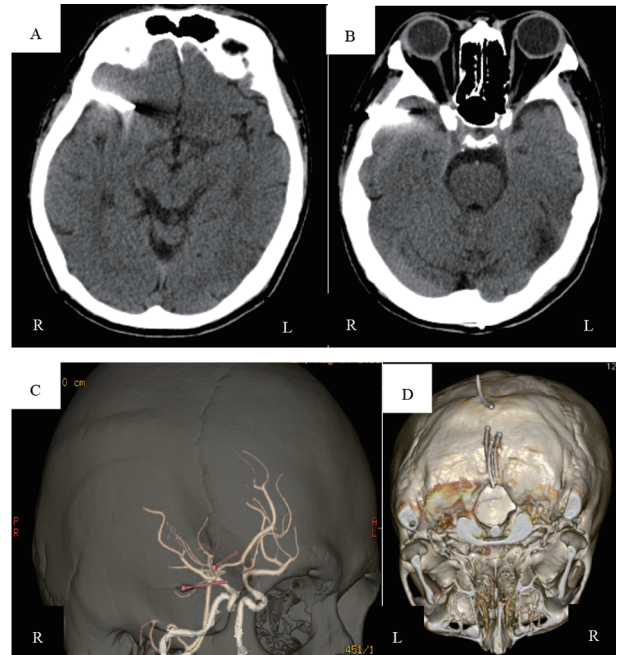


Fig.2 Preoperative head computed tomography (CT) scan.

A: Axial view shows the presence of a metallic density object in the right frontal lobe without traumatic intracranial hemorrhage.

B: Another axial view shows the presence of a metallic density object in the right temporal lobe without traumatic intracranial hemorrhage.

C: CT Angiography (CTA) fusing three-dimensional (3D) skull bone CT shows 2 nails penetrating the right sphenoid and temporal bone are located away from the right middle cerebral artery and have no extravasation.

D: 3D skull bone CT shows other 4 nails around the occipital and cervical portion did not penetrate the skull and stopped in the subcutaneous tissue.

右中大脳動脈と接触しておらず (Fig.2-C)，血管損傷は認めなかった。後頭部および頸部周囲の 4 本の釘は皮下に留まっており，頭蓋内には到達していなかった (Fig.2-D)。

入院後経過：心臓血管外科医との協議の結果，同日緊急に全身麻酔で人工心肺を使用して心臓内異物を除去し，続いて頭蓋内異物を除去する方針となった。釘に錆はなく汚染がないことからセフトリアキソン 2 g/日を術後 10 日目まで投与し，感染兆候なく経過した。術直後の CT では右前頭葉の刺入経路に沿った少量の出血を認めたが (Fig.3-A)，術後 14 日目の CT では消失していた (Fig.3-B)。術後 2 日目に尿量減少に伴い，肺胞性肺水腫および右胸水貯留を認めたため，人工呼吸管理の継続と利尿薬投与を開始した。術後 8 日目には Noninvasive

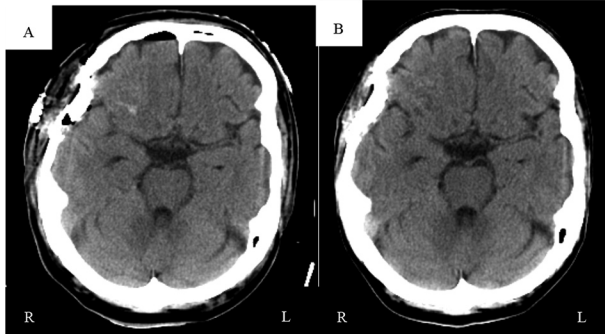


Fig.3 Postoperative head computed tomography (CT) scan.

A: Axial view just after surgery shows a small amount of hematoma in the right frontal lobe.

B: Axial view at the 14th postoperative day shows the absorption of the hematoma.

Positive-Pressure Ventilation に変更でき、肺水腫および胸水が改善したため術後 11 日目には離脱した。意識清明で神経学的脱落所見や痙攣発作は認めず、全身状態や精神状態も良好で術後 16 日目に自宅退院となった。

**手術所見：**まずは開心術を行うべく、ヘパリン投与下に体外循環を開始した。肺動脈を切開して右室内を観察すると肺動脈弁下に釘頭を視認できたため、鉗子で把持して慎重に抜去した。抜釘後に軽度の僧帽弁閉鎖不全が出現したため、左房を切開して僧帽弁を観察すると、2 mm 程度の小孔を認めた。僧帽弁を縫合し、心嚢および胸腔内を洗浄後、止血を確認して閉胸した。続いて開頭術を開始するべく、ヘパリンをリバースし、activated clotting time (ACT) が 131 秒に低下したことを確認した。頭部をメイフィールドの 3 点支持器で固定した。右側頭部の頭皮に釘の刺入部が 2 ヶ所視認できたため (Fig.4-A)、耳介前部から hair line 内を正中に向かう 7 cm 程度の弧状の皮膚切開および筋膜切開をおいて、筋膜ごと一塊にして皮弁を翻転した。側頭筋附着部から後方へと骨膜と一緒に側頭筋の剥離を進めていくと側頭筋内に 2 本の釘頭を確認できた (Fig.4-B)。釘周囲の骨をダイヤモンドバーのドリルで削除して間隙を形成し、骨片を取り外す際に釘と一緒に抜去されないよう留意した (Fig.4-C)。MacCarty keyhole と root of zygoma の 2 点に burr hole を穿ち、楕円状に開頭した。硬膜を扇形に切開し、超音波ガイド下に脳内の状況を観察しながら慎重に抜釘を行った (Fig.4-D)。血腫の形成や脳の腫脹がなかったため、ゲンタマイシンを混入した髄液灌流液で硬膜内外をしっかりと洗浄し、止血を確

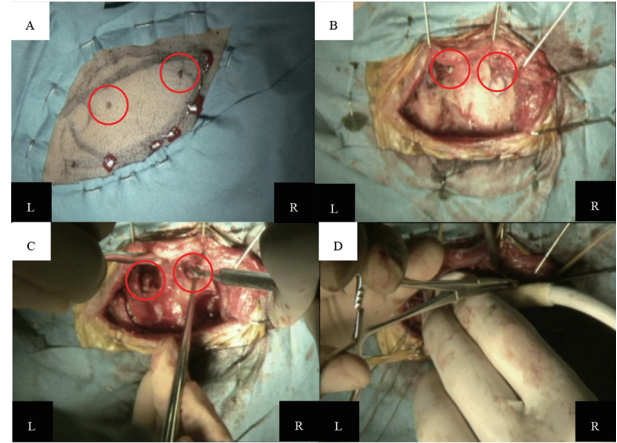


Fig.4 Intraoperative findings of head.

A: Two red circles indicate entry points of 2 nails on head skin respectively.

B: Two red circles indicate the heads of 2 nails outside the sphenoid and temporal bone respectively.

C: Two red circles indicate making bone windows around 2 nails using a drill not to pull them out when removing the bone flap.

D: This figure indicates confirming no formation of hematoma by using the echo when the nails are pulled out.

認後硬膜は一期的に縫合して閉頭した。最後に後頸部の抜釘を行った。4 本の釘は皮下組織内にとどまっていたため、刺入部に皮膚切開を追加して釘頭を露出したのち盲目的に抜去した。生理食塩水で十分に洗浄して閉創した。釘は全て長径 25 mm、直径 1 mm であり、汚染等は確認できなかった。

### III 考 察

穿通性脳損傷は外傷性脳損傷の約 0.4% と比較的稀であり<sup>2)</sup>、さらにネイルガンによる穿通性脳損傷に関しての報告は稀である。ネイルガンによる穿通性外傷の多くは労働災害によるものであり、損傷部位のほとんどが四肢であるとされているが<sup>3)</sup>、その他には事故、暴力、自傷や自殺目的によるものも報告されている<sup>4,5,6)</sup>。自殺企図の場合は複数箇所 の異物混入を認めることがあるが<sup>5,6)</sup>、複数の主要臓器が損傷されることは稀であり、今回我々が経験した 1 例を除けば、渉猟し得た限りでは Ye<sup>1)</sup> と Albuali ら<sup>6)</sup>が報告した 2 例のみであった。

一般的にネイルガンの空気圧は 80~120 pound per square inch (psi) に設定され、軟部組織や頭蓋骨を貫くには十分なエネルギーであるが、横方



向への分布エネルギーは制限されており刺入経路に沿った損傷のみであると考えられている<sup>7)</sup>。したがってネイルガンによる穿通性脳損傷の患者は意識清明で救急搬送されることが多く、脳幹や主要な血管の損傷がなければ死亡率は低く、心臓のネイルガンによる負傷の死亡率は最大でも25%と報告されている<sup>1)</sup>。ただし、穿通性頭部外傷においては脳血管損傷により動静脈破裂、外傷性動脈瘤、動脈解離、動静脈瘻が生じる可能性があり、くも膜下出血や脳出血などの致命的な合併症を引き起こす可能性もある<sup>8)</sup>。そのため異物が頭蓋底、主幹動脈や静脈洞に近接している場合や刺入部に大きな脳内出血がある場合は脳血管評価が奨励される。CTAは短時間で施行可能であるが、異物によるアーチファクトの影響を受けるため、バイタルサインが安定しており、脳血管損傷が強く疑われる症例では脳血管撮影検査を行うべきであるとの報告がある<sup>9)</sup>。しかし、脳血管撮影検査は侵襲的で大腿動脈の血栓形成、血管攣縮、虚血などの合併症のリスクがあり時間がかかるため<sup>8)</sup>、個々の症例に応じて脳血管評価方法を検討しなくてはならない。本症例では単純頭部CTで釘は主幹動脈、静脈洞から離れており、心損傷も合併していることからCTAのみで血管評価を行い、可及的速やかに異物除去を行った。

複数の臓器に及ぶ穿通外傷に対する治療方針は確立されておらず、症例ごとに治療方針を検討する必要がある。穿通性心損傷に対する治療方針としては循環動態の保てない症例では一刻も早く心タンポナーデを解除し、開心術による異物除去を行うことが重要である<sup>10)</sup>。循環動態が保たれている場合でも心臓の拍動に伴い、異物が移動して損傷が拡大する可能性があり<sup>10,11)</sup>、また感染の観点からも早期の治療介入が必要だと考えられる。一方で穿通性頭部外傷において感染リスクを減らすため、受傷12時間以内に可及的速やかに手術を行うことが勧められている<sup>12)</sup>。本症例は意識清明であり、心タンポナーデはなく、バイタルサインは安定していたが、心臓血管外科医との協議の結果、開心術による異物除去を開頭術より先行させる方針とした。理由として、第一に前述したように心臓の拍動に伴い、異物の移動および心筋の損傷が拡大する恐れがあることが挙げられる。第二に、術前の頭部CTでは粗大な脳内出血を認めなかったが、開頭術を先行させた場合、その後の開心術による異物除去の際に体外循環を使用するためへ

パリンを投与する必要がある、脳内出血を助長する危険性があったためである<sup>8)</sup>。Yeらは、ネイルガンによる穿通性心損傷、脳損傷に対して緊急で全身麻酔下での開胸術に続き、人工心肺を使用せずに心臓内異物の除去を行っているが<sup>1)</sup>、人工心肺を使用した場合でも本症例のようにACTを指標にヘパリンの投与量を調整することで、脳内出血を助長することなく異物除去が可能であった。

頭部の異物除去の方法としては開頭術により直視下で抜去するか、盲目的に抜去する方法がある。開頭術の利点は刺入部のデブリードマン、壊死した脳組織および血腫の除去、髪の毛や服などの異物の除去、硬膜形成による髄液漏予防が挙げられる<sup>13)</sup>。異物が表面に露出している場合は盲目的に抜去する方法も可能だが、脳損傷を伴っている場合は抜去後の遅発性脳内出血が生じる可能性があるため注意が必要である<sup>5)</sup>。本症例では、脳損傷を伴っていたことから開頭術による直視下での異物除去を行う方針とした。釘周囲の骨をドリルにより削除することで骨窓を形成し、骨片を取り外す際に釘が共に抜去されないよう留意した。術前のCTAで釘は2本とも脳血管を損傷していないことを確認しており、超音波ガイド下に脳内の状況を観察しながら慎重に抜釘した。その後も粗大な血腫がないことを確認して閉頭した。術後CTでは右前頭葉に釘の施入経路に沿った少量の出血を認めたが、術後14日目のCTで血腫は消失していた。開頭術により直視下で抜釘する方法では超音波を使用することで頭蓋内の確認が可能であり、血腫が出現または増大した場合でも迅速な対応ができるためより安全な方法だと考えられた。

#### IV ————— おわりに —————

ネイルガンによる穿通性心損傷および脳損傷に対して早期に抜釘を行い、良好な転帰を得られた症例を経験した。複数の臓器損傷の場合、他科との連携や協議を綿密に行うことで、合理的な戦略をたて早期に外科的介入ができ、その結果が術後の予後の改善に繋がったと考えられた。

著者のうち、吉武明弘、中嶋博之、根本学は自己申告によるCOI申請書を「神経外傷」編集委員会に提出しています。その他の著者全員は日本脳神経外科学会へのCOI自己申告を完了しています。いずれも本論文の発表に関して開示すべきCOIはありません。

文 献

- 1) Ye CN, Lin MC, Huang CL : Double penetration wound: A nail gun injury involving the head and heart. *Radiol Case Rep* 15: 334–338, 2020.
- 2) 武裕士郎, 池田俊貴, 吉川雄一郎, ほか : 箸による経頭蓋底穿通性脳損傷の1例. *神経外傷* 42: 54–58, 2019.
- 3) Lipscomb HJ, Schoenfisch AL : Nail gun injuries treated in U.S emergency departments, 2006–2011: not just a worker safety issue. *Am J Ind Med* 58: 880–885, 2015.
- 4) Yazar U : Penetrating craniocerebral nail gun injury in a child: a case report. *Childs Nerv Syst* 37: 1345–1349, 2021.
- 5) Litvack ZN, Hunt MA, Weinstein JS, et al. : Self-inflicted nail-gun injury with 12 cranial penetrations and associated cerebral trauma. Case report and review of the literature. *J Neurosurg* 104: 828–834, 2006.
- 6) Albuali A, Reimann A, Nicolaou S : Self-inflicted nail-gun injury with intracranial and intracardiac nails. *Radiol Case Rep* 6: 525, 2011.
- 7) Makoshi Z, AlKherayf F, Da Silva V, et al. : Nail gun injuries to the head with minimal neurological consequences: a case series. *J Med Case Rep* 10: 58, 2016.
- 8) Wu R, Ye Y, Liu C, et al. : Management of Penetrating Brain Injury Caused by a Nail Gun: Three Case Reports and Literature Review. *World Neurosurg* 112: 143–147, 2018.
- 9) Selvanathan S, Goldschlager T, McMillen J, et al. : Penetrating craniocerebral injuries from nail-gun use. *J Clin Neurosci* 14: 678–683, 2007.
- 10) 望月慎吾, 津丸真一, 山田和紀, ほか : 自動釘打ち機により穿通性左室損傷を来した1症例. *日心外会誌* 41: 276–279, 2012.
- 11) 田村健太郎, 杭ノ瀬昌彦, 吉鷹秀範, ほか : 完全に心臓内に埋没した異物(針)の1例. *日心外会誌* 37: 244–246, 2008.
- 12) 頭部外傷治療・管理ガイドライン作成委員会 : 頭部外傷治療・管理ガイドライン第4版, 医学書院, 東京, 2019.
- 13) Bayston R, de Louvois J, Brown EM, et al. : Use of antibiotics in penetrating craniocerebral injuries. "Infection in Neurosurgery" Working Party of British Society for Antimicrobial Chemotherapy. *Lancet* 355: 1813–1817, 2000.

■ 古峰 弘之

埼玉医科大学国際医療センター 脳卒中外科  
〒350-1298 埼玉県日高市山根 1397-1