

症 例

液体窒素による手指凍傷の1例

松尾あおい¹⁾, 鈴木 敏彦¹⁾, 高野 知子¹⁾, 内沼 栄樹²⁾¹⁾ 横浜南共済病院形成外科, ²⁾ 北里大学医学部形成外科

(平成17年3月10日受付)

要旨：今回我々は液体窒素による手指凍傷の症例を経験した。症例は40歳男性、鉄などを切るレーザーを冷却する液体窒素を約3～5分間皮手袋の上から浴び、凍傷を受傷した。温浴後痛みが生じたため当院形成外科を受診した。初診時所見は、左第3指は全周性、左第2・4指は4/5周性、左第1・5指は1/3～1/2周性の凍傷を認めた。外来でも温浴を開始したが、浮腫が増強し血行障害を認めたため減張切開し、肉芽形成を待って植皮術を施行した。その後、第2・3指に難治性潰瘍を形成したため植皮術を施行するも、骨髓炎を起こしたため断端形成術の施行となった。液体窒素は-196℃と極めて低温なので数秒で凍傷を起こす。気化したばかりのガスも低温である。凍傷は寒冷に暴露された末梢組織の障害でいくつかの病態に分けられる。凍傷は熱傷に比べさまざまな要因が加わるため治療に難渋することが多い。本症例では減張切開後肉芽形成を認めたため血流は良好と判断し、十分に時期を待って植皮術を行ったが、長時間液体窒素を浴びたことで障害深度が見た目より深く骨まで傷害されていたと考えられる。

(日職災医誌, 53: 182—185, 2005)

—キーワード—

液体窒素, 凍傷, 手指外傷

はじめに

凍傷は寒冷に暴露された末梢組織の障害で、熱傷とは異なり外的要因（外気温、風速、湿度）や局所的要因（血管の状態、皮膚の厚さ）などにより損傷の程度は影響される。手指は腱や関節、神経、血管が浅い部分にあり損傷を受けやすい。整容的、機能的な面で手指において凍傷の初期治療は重要である。今回我々は、液体窒素による手指凍傷を経験した。比較的稀な外傷であるため不明な点も多く、適切な初期治療を行ったにもかかわらず治療に難渋した1例であった。本症例に関し若干の文献的考察を加え報告する。

症 例

患 者：40歳、男性。

既往歴：高血圧

現病歴：平成15年3月29日午前9時30分頃鉄などを切るレーザーを冷却するための液体窒素のガス交換を行う際にガスホースが外れてしまい、ホースを取り付けるまでの約3～5分間、皮手袋の上から液体窒素を浴びて

しまった。ぬるま湯にて患部を温めたところ痛みが生じてきたため、午前11時30分頃当院形成外科を受診した。

経 過：来院時、左第3指は全周性、左第2・4指は4/5周性、左第1・5指は1/3～1/2周性、左手背・手掌の一部に水疱形成と左手全体の腫脹が見られた（図1）。外来でも温浴を約30分施行したが、徐々に手指の腫脹が増強し暗紫色となり血行障害を認めたため、同日緊急手術にて減張切開術施行となった。凍傷受傷部位は全ての手指でほぼ全周性であった（図1）。その後、ゲーベンクリーム®塗布、フィブラストスプレー®噴霧による保存的治療にて損傷部位が明確になり、指先まで出血し血流は問題ないと思われ同年5月1日にデブリードマン、分層植皮術を施行した（図2）。その後はおおむね経過良好であり、同年5月23日退院し外来通院となった。しかし左第3指DIP関節背側の皮膚潰瘍が難治性であったため、同年6月25日デブリードマン、分層植皮術を施行したが同年7月2日植皮は生着しておらず、左第3指DIP関節の亜脱臼と露出（図3）、さらに左第2指先端の骨露出を認めたため同年7月8日左第3指の関節固定術、左第2指の断端形成術を施行した。その後左第2指先端が再び骨露出し、左第3指の関節固定部は偽関節となり骨融解と排膿が見られたため同年10月14日に腐骨切除術を施行した（図4）。以後再発は認められない。



図1 受傷当日（平成15年3月29日）

上：来院時

左手全体の腫脹と手指にわたる水疱を認めた。

下：減張切開後

手指のほぼ全周性に凍傷を認めた。



図2 植皮手術（平成15年5月1日）

上：術前

良好な肉芽形成をみる。

下：術後



図3 平成15年7月2日

左第3指DIP関節亜脱臼と骨の露出を認める。



図4 腐骨切除手術（平成15年10月14日）

左第3指末節骨，中節骨と左第2指末節骨が融解し，左第3指には皮膚潰瘍を認める。

考 察

液体窒素は -196°C と極めて低温なため数秒で凍傷を引き起こす。不燃性だが加熱すると気化し，気化したばかりのガスも低温である。軍手自体が液体窒素を吸着して凍結してしまうため，取り扱い時には軍手ではなく乾いた皮手袋の着用が奨められている。ほかにも液体窒素は気化すると700倍以上の体積となり，単純窒息性のガスとして作用するため換気が必要となる。

凍傷は，寒冷に暴露された末梢組織の障害であり，その多くは冬期の登山事故，超低温物質を扱う労災事故として見られる。熱傷とは異なり凍傷に至るまでの時間的経緯，外的要因（外気温，風速，湿度，衣類），局所的要因（血管の状態，皮膚の厚さ）などにより障害の程度は影響される¹⁾³⁾。

表1 分類

1 st degree	erythema and swelling with no blister formation
2 nd degree	blister formation
3 rd degree	full thickness injury with gangrene but without loss of a part
4 th degree	complete necrosis with loss of a part

表2 Christenson らの分類

Superficial frostbite Superficial frostbite can be described as a sudden blanching of the skin, which is followed by a white, waxy, frozen appearance. Beneath the superficial injury, the tissues are resilient.
Deep frostbite Deep frostbite occurs when the tissues are icy, hard, without deep tissue resilience. The area resembles a frozen piece of meat. There is no sensation in the frostbitten area.

表3 Edwards らの分類

acute stage	freezing, thawing, blistering and beginning of necrosis
subacute stage	necrosis is resolved and vasospasm and acrosclerosis start
chronic stage	vasospasm and acrosclerosis continue and pain and recurrent ulceration may occur

凍傷の病態としては

- 1) 細胞組織そのものの凍結による細胞破壊。
 - 2) 寒冷によって末梢小動脈が収縮し、血管内の血液が濃縮され血栓を生じさせる循環障害。
 - 3) 循環障害により発生した活性酸素やケミカルメディエーターのため生じる細胞障害。
- などの場合に分けられる^{1)~3)}。

凍傷の分類については、表1のような一般的な程度による分類⁵⁾は熱傷の分類に対応しており、凍傷の初期の治療方針を立てるのに適切とは言い難く、表2のChristensonらの分類のほうが浅達性・深達性と単純に分けているため初期の治療方針を立てるのに適していると考えられる¹⁾⁴⁾⁸⁾。ほかに表3のEdwardsらの分類は経過により分類されている¹⁾⁴⁾⁹⁾。

凍傷の治療法は長尾によりまとめられている⁵⁾⁶⁾。まずは

- 1) 急速融解 (rapid rewarming)
acute stageに対して行う治療法。40～42℃の湯に患部を入れる。このとき凍結した組織を破壊しないためマッサージは禁忌である。
- 2) 交感神経切除術 (sympathectomy)
有効、無効の両論が言われている。
- 3) 抗凝固剤 (anticoagulants)
ヘパリンなどはほとんど効果がないと言われている。
- 4) 低分子デキストラン (low-molecular weight dextran)

Rapid rewarming後間もないacute stageに使用すれば効果があると言われている。

- 5) 末梢血管拡張剤 (vasodilator substances)

ニコチン酸系、ビタミンE、パパベリンなどを用いるが、最近ではプロスタグランディンを使用し有効であったという報告がある。

- 6) 局所療法 (local care)

患部を清潔に保ち感染を防止する。

- 7) 外科的治療

一般に3週経過すると損傷部位が明確になり上皮化が進む。その後、適宜植皮術や切断術を行う。

本症例では受傷当日に減張切開術を行い、局所療法にて植皮するのに適した良好な肉芽形成がみられ、末梢血管拡張剤や抗凝固剤を使用しなくても循環障害は改善されたと考えられた。しかし受傷後1カ月経過してから植皮術を施行したが、植皮の生着が悪く骨が露出した部分は血流が悪かったということになる。一般の凍傷と比べ液化ガスによる凍傷は短時間でも深部壊死をきたすことがある⁷⁾。本症例では皮手袋を着用していたが、-196℃という極めて低温の液体窒素を3～5分と長時間浴びたことにより防具である皮手袋が冷却され手指の凍傷が進行し、障害深度が外観より深く手指の末梢小動脈や腱、骨まで傷害されて壊死を起こしたと考えられた。手指は腱や関節、神経、血管が浅い部分にあり障害を受けやすく、整容的、機能的な面で二次的な変形や不可逆的機能障害を残しやすい。そのため凍傷の外科的治療を行う場合、特に手指の場合は障害深度を把握できるまで1カ月以上は待つべきであろうと思われた。

文 献

- 1) 高橋教雄：凍傷，図説救急医学講座：相川直樹，大塚敏文他編．東京，メジカルビュー社，Vol 7，熱傷と環境障害，pp 156—159, 1989.
 - 2) 洪 憲植，北吉 光：フロンの指指尖部凍傷の1症例．形成外科 46 : 91—96, 2003.
 - 3) 長谷川隆：熱傷—手足の外傷，化学損傷，凍傷．形成外科 45 (増刊号) : S97—S104, 2002.
 - 4) 小川 令，百束比古，村上正洋，他：フロングスによる手指凍傷の1例．熱傷 28 : 36—42, 2002.
 - 5) 長尾悌夫：四肢重度凍傷の治療．整形外科 33 : 467—473, 1982.
 - 6) 奥田良三，大島良夫，西野健一，他：新鮮凍傷の治療経験．日形会誌 11 : 409—418, 1991.
 - 7) 白旗正幸，石川誠一，八木和徳，他：液化フロンの両手凍傷の1例．東北整災紀要 46 : 89—91, 2002.
 - 8) Christenson C, Stewart C : Frostbite. American Family Physician 30 : 111—122, 1984.
 - 9) Edwards AE, Major RW, et al : An analysis of seventy-one cases. J.A.M.A 149 : 1199—1205, 1952.
- (原稿受付 平成17. 3. 10)

別刷請求先 〒228-8555 相模原市北里1—15—1
北里大学医学部形成外科
松尾あおい

Reprint request:

Aoi Matsuo
1-15-1 Kitazato, Sagami-hara 228-8555 Japan

A CASE REPORT OF LIQUID NITROGEN-INDUCED FROSTBITE OF THE FINGERS

Aoi MATSUO¹⁾, Toshihiko SUZUKI¹⁾, Tomoko TAKANO¹⁾ and Eiju UCHINUMA²⁾

¹⁾Department of Plastic Surgery, Yokohama Minami Kyou-sai Hospital

²⁾Department of Plastic Surgery, Kitasato University Hospital

Summary: We encountered a patient who had frostbite of the fingers because of exposure to liquid nitrogen. The patient, a 40-year-old man, had frostbite on the fingers after the fingers with his leather gloves on were accidentally exposed to liquid nitrogen, which is used for cooling of an iron-cutting laser, for approximately 3–5 minutes. Since he had pain in the fingers after treatment with warm bath, he visited the Department of Plastic Surgery of our hospital. The fingers on initial examination showed frostbite of the full circumference of the left 3rd finger, the 4/5 of the circumference of the left 2nd/4th fingers, and the 1/3 to 1/2 of the circumference of the left 1st and 5th fingers. The patient started receiving warm bath therapy on an outpatient basis as well, but relief incision was employed because of the exacerbation of the edema and the occurrence of a blood flow disturbance. Skin grafting was conducted after granulation formation. Subsequently, refractory ulcers were recognized at 2nd and 3rd fingers, and treated by skin grafting. However, osteomyelitis occurred, and amputation stump plasty was conducted. Liquid nitrogen is so extremely low, –196°C, that it induces frostbite in several seconds after exposure to it. The temperature of gas immediately after evaporation is also low. Frostbite, which is damage to the peripheral tissues exposed to excessive coldness, shows some pathological conditions. Since various factors are involved with the etiology of frostbite, as compared to burn, frostbite patients and physicians treating them frequently encounter distress in the treatment. In the present patient the blood flow was evaluated as being favorable because granulation formation was recognized after relief incision, and skin grafting was conducted at a ripe opportunity after granulation. The invasion of damage was more than the appearance because of the long-time exposure to liquid nitrogen, and the damage is considered to have invaded even the bones.