

手術用手袋の 穿孔率を通して考える 医療従事者のリスクと対策



日本医科大学武蔵小杉病院
感染制御部 部長

小林 美奈子 先生

Introduction

手術用手袋の使用は、医療従事者と患者との間における病原微生物の伝播経路遮断が主たる目的であり、医療従事者の血液・体液曝露、患者の手術部位感染のリスク制御のために使用される。病原微生物の伝播経路を遮断するため、手袋にわずかな損傷もあってはならないが、実際には手袋製造時のAcceptance Quality Limit:合格品質限界(以下AQL)として、本邦の手術用手袋はJIS規格でAQL 1.5と定められており、使用開始時にすでに4%以下程度の穿孔が存在することが知られている。さらに、手術中に針刺しや手袋自体の劣化により穿孔が発生することは多く、穿孔率は数%~30%と文献により大きく異なっている。これら穿孔率の差は、骨などの硬い組織に触れる整形外科手術や開胸手術と、硬い組織に触れない腹腔内手術など、手術部位による違いや手術手技、手袋装着時間などの差が関係していると考えられる。整形外科や脳神経外科、心臓血管外科など、骨を直接接触するような手術では22%~25%、泌尿器科では16%、消化器外科においては7%と報告されている。

消化器外科では、これまで手術用手袋の穿孔率に関する検討は、その大部分が開腹手術での報告であり、内視鏡外科手術が普及している現状において鏡視下手術での手袋穿孔の検討はほとんど行われていない。

小林美奈子先生は外科医として医師のキャリアをスタートし、日本外科学会、日本消化器外科学会、日本大腸肛門病学会、日本消化器病学会、日本消化管学会等の外科系、消化器系の各種専門医、指導医だけでなく、ICD(インфекションコントロールドクター)、抗菌化学療法指導医、外科周術期感染管理教育医等の感染症関連の資格を有する。現在は感染制御医として活躍されており、小林先生はその幅広いキャリアを通じて、手術用手袋の穿孔に対する興味や疑問から、消化器外科領域における開腹手術・鏡視下手術時の手袋穿孔率を比較検討し、さらに二重手袋装着の有用性に関する検討を行った。その結果とそこから導き出される課題や展望について紹介したい。

手術用手袋に起こる穿孔は 患者・医療従事者双方にリスクがある

手術用手袋の穿孔は、患者と医療従事者双方にリスクを生じさせる。医療従事者は手術前に十分な手洗いを行うが、それでも長時間手袋を装着していると手袋の内部では常在菌が増殖する。このため手袋に穿孔が生じると、微小な圧格差と浸透圧差によって手袋内部の常在菌により手術野が汚染され、それによる手術部位感染（SSI）発生の可能性は否定できない。一方で医療従事者にとっては患者の血液中の病原体、特に肝炎ウイルスやヒト免疫不全ウイルス（HIV）などに曝露される危険も存在する。

消化器外科領域において 開腹手術・鏡視下手術別による手袋穿孔率や 血液汚染率に有意差はない

私が行った研究¹⁾では、消化器外科手術162症例（開腹手術：92例、鏡視下手術：70例）で使用された1,513双、3,026枚の手術用手袋を対象に、穿孔の有無を確認した。本期間中、消化器外科手術に参加した医師22名、看護師13名に対し事前に手術用手袋の装着状況についてアンケート調査を行っており、常に二重手袋装着を行う医師は9.1%（2人/22人）、看護師46.2%（6人/13人）、感染症例など症例によって二重手袋装着を行う医師は27.3%（6人/22人）、看護師30.8%（4人/13人）であった。

手袋全体の穿孔率は10.9%（331枚/3,026枚）であり開腹手術では11.3%（212枚/1,882枚）、鏡視下手術では10.4%（119枚/1,144枚）と、手術アプローチ別で穿孔率に有意な差は認められなかった（ $P=0.4611$ ）（図1）。

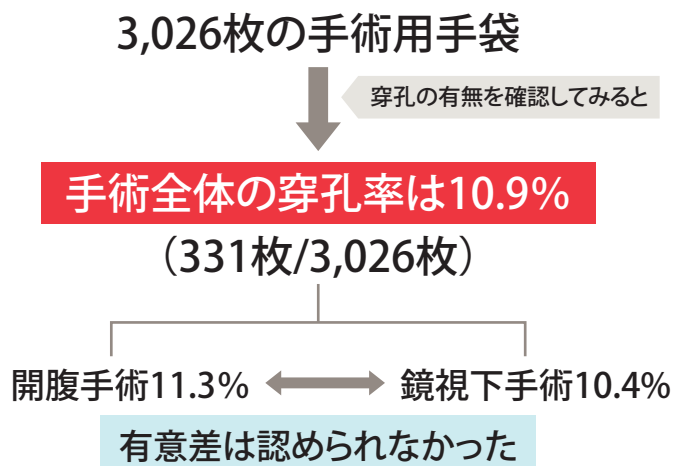


図1 消化器外科手術162症例の手術用手袋の穿孔率

しかし、鏡視下手術は開腹手術に比べて出血量が少なく、手術操作が鉗子で行われることから、手袋に穿孔が発生しても血液・体液の曝露は少ない可能性がある。この観点から鏡視下手術では手袋の二重装着は不要ではないかという疑問が提起されたため、開腹手術と鏡視下手術の両方における手袋穿孔部位からの血液・体液曝露の頻度に関して追加検討した²⁾。この追加研究は手袋の穿孔部を介した微量の血液の通過をルミノールによる化学発光反応で確認したものであり、このような報告は今までになく、おそらく初めてであると思われる（画像1）。

本方法は、目視では確認できない程度の少量の血液であってもルミノール散布後、すぐに正確な発光反応が得られるため、細菌学的な証明よりも迅速に検出することが可能である。



画像1 ルミノールによる化学発光反応（提供：小林美奈子氏）
アウター手袋の手掌部に穿孔が認められ、同部位のアンダー手袋にルミノールを散布したところ同部位に発光反応が認められた。

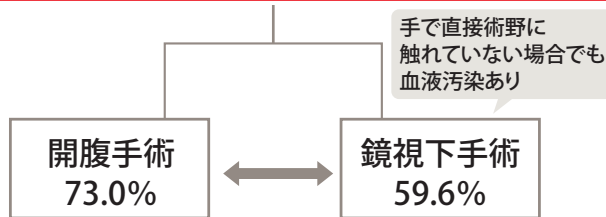
本検討における手袋の血液汚染については以下の結果であった。二重装着したアウター手袋1,102枚が使用され、そのうち穿孔が認められたのは136枚であった。その内側に装着していたアンダー手袋136枚のうち、ルミノールによる化学発光反応が認められたのは、68.4%（93枚/136枚）であった。開腹手術は73.0%（65枚/89枚）、鏡視下手術で59.6%（28枚/47枚）と手術アプローチ別で血液汚染に有意差は認められなかった（ $P=0.1235$ ）。鏡視下手術では出血量が少なく、手が直接手術野に触れない場合でも、穿孔が発生すると、その穿孔部を通して血液汚染が高率に起こることが証明された。消化器外科手術では開腹手術だけでなく、鏡視下手術においても手袋は二重装着をすることが血液・体液曝露リスクを低減し、医療関連感染の予防に繋がると思われる（図2）。

手袋の血液汚染

二重装着されたアウター手袋1,102枚のうち
136枚に穿孔が認められた

対で使用された136枚の
アンダー手袋に
ルミノール散布

全体で68.4%の血液汚染が示された



有意差は認められなかった

消化器外科手術においては開腹手術、鏡視下手術ともに
手袋の二重装着をすることが血液・体液曝露のリスクを低減する

図2 手術用手袋穿孔時の血液・体液曝露の研究

80%以上の手術で 『誰かの』手袋が穿孔している！

手術症例別に検討すると、術者の穿孔率は43.2% (70症例/162症例)、第1助手33.3% (54症例/162症例)、第2助手22.7% (34症例/150症例)、直接介助看護師45.7% (74症例/162症例)であり、1症例の手術において術者や助手、直接介助看護師など手術参加者のいずれかの手袋が1枚でも穿孔を起こしていたのは、じつに全162症例中133例 (82.1%)であった (図3)。

これらの結果から見えてくるのは、手術用手袋の使用枚数からみた穿孔率の数字からは想像しがたいほどの高頻度で手袋穿孔が起こっているという事実である。

手術用手袋全体の穿孔率は10.9%、アウター手袋に限ると

手術症例別による手術用手袋の穿孔率

術者	43.2%(70症例/162症例)
第一助手	33.3%(54症例/162症例)
第二助手	22.7%(34症例/150症例)
直接介助看護師	45.7%(74症例/162症例)

高頻度で手袋穿孔が起きている！

162症例中133例⇒82.1%

図3 手術症例別による手術用手袋の穿孔率

11.9%であり、約1/8の穿孔率である。しかし、この数字をみて「8症例の手術に入ると、1症例で手袋穿孔が起きている」といった勘違いをしないでほしい。そうではなく、80%以上の手術で参加している誰かしらの手袋が穿孔しているという事実を認識していただくとする印象も全く違ってくるのではないだろうか。

通常1症例の手術は術者、第1助手、第2助手、直接介助看護師など4人～5人がチームとなって行う。これら手術に参加した人はそれぞれが1双2枚ずつ手袋を使用するため、4人で手術に入ったとすると手術開始の時点で8枚の手袋が使用され、このうち1枚に穿孔があれば1/8 (12%)の穿孔率となる。実際の手術では、手術中手袋交換を行うと思われるため、1症例の手術では16枚以上の手袋が使用されることになる。そうすると、1症例の手術において手袋穿孔はかなりの頻度で発生している計算となる (図4)。

一方、個人で考えると1症例の手術で1回手袋交換を行うとした場合、1症例で4枚の手袋を使用する。穿孔率を12%とすると、2症例に1枚は穿孔が起こる計算となる。

当時、所属先の多くの外科医師や手術室看護師は、手術用手袋の穿孔によって自分が感染症に罹患するというイメージを明確には持てていなかったかもしれない。しかしこの研究によって、「手術時に手袋が1枚でも穿孔を起こしていたのは全162症例中133例で82.1%」というデータが院内で周知された。少なくとも誰かの1枚の手袋に穿孔が確認されたこの結果は、医療従事者にとって重要な情報であった。この知見を受けて、多くの医師がただちに手袋の二重装着を始め、術後の手洗いを徹底するようになった。これは、手術中の安全性を向上させ、患者と医療従事者のリスクを低減するための積極的な対応であり、手術時の安全対策としての手袋装着の重要性を改めて浮き彫りにした。この経験から手術室における衛生管理が強化されたことは明らかである。

- 今までの結果から・・・ ●手術用手袋全体の穿孔率は10.9%
 ●アウター手袋に限ると11.9%⇒約1/8(12%)の穿孔率

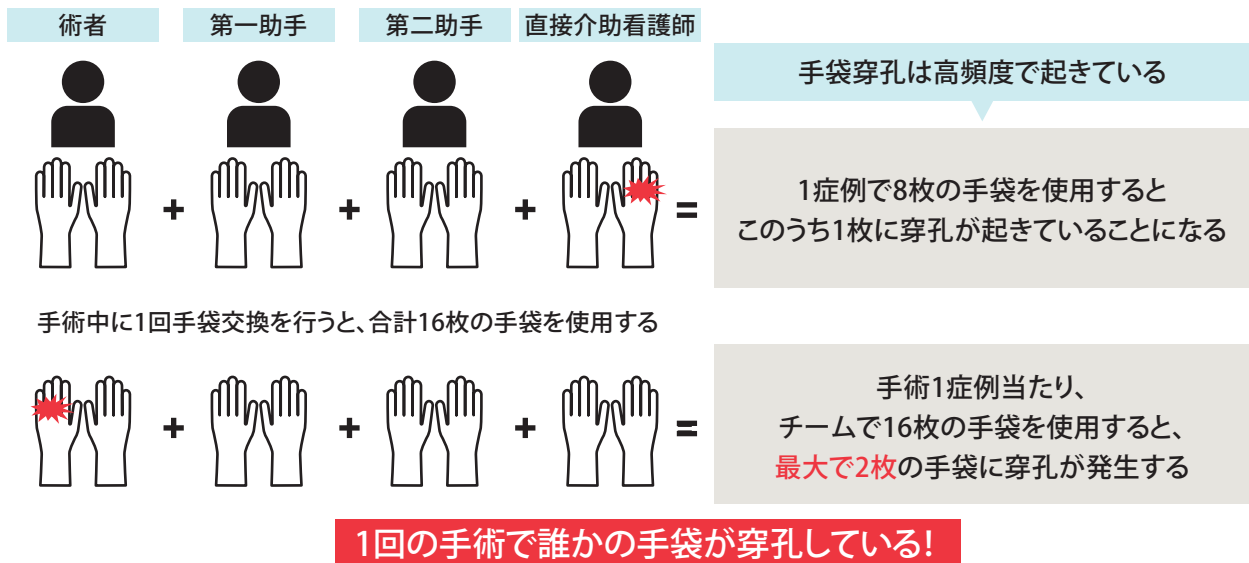


図4 手術チームから見る手術時の手袋穿孔率

手術用手袋の穿孔を防ぐために
 60分～90分ごとのアウター手袋交換が推奨される

手術用手袋の装着時間についてみると、アウター手袋の平均装着時間は2時間22分であり、そのうち穿孔のない手袋の平均装着時間は2時間19分、穿孔のある手袋の平均装着時間は2時間46分であった。手袋装着時間と穿孔率の関係については、手袋の装着時間が長くなるにつれて穿孔率が高くなり、累積穿孔率をみると手袋装着開始から90分までの穿孔率は6.1%から9.2%と急激に高くなるが、それ以降は9.2%から11.8%と緩やかに高くなっていった(図5)。

手袋装着時間が60分未満の穿孔率は7.5%(42枚/561枚)、60分以上の穿孔率は13.1%(263枚/2,009枚)であり、60分以上の装着で有意に穿孔率が高率であった(P=0.0003)。さらに、術者としてアウター手袋を50枚以上使用した5人の外科医師について、手袋の穿孔率と平均装着時間の関係を検討したところ、穿孔率が最も低かった5.0%の外科医師の平均手袋装着時間は1時間40分であった。一方、穿孔率が最も高かった23.6%の外科医師の平均装着時間は2時間57分であった。

以上の結果から、手袋の装着時間に比例して穿孔率が高くなるため、手術中に手袋交換をすることが重要である。これについて、ドイツのガイドライン³⁾をはじめHübner⁴⁾やPartecke⁵⁾らは、90分程度での手袋交換を推奨している。

今回の研究でも、手袋装着開始から90分までの穿孔率は急激に高くなることが示されており、90分程度を目処に手袋交換をすることが手術時の対策としては適切だといえるだろう。

しかしこの研究では、平均手袋装着時間はアウター手袋で2時間22分であり、90分よりも長時間の装着であった。また本邦では一般的に、手術用手袋は3時間を目安に交換するといわれている。実際、外科手術の多くは90分以上の長時間にわたるなか、手袋交換は手技の切れ目のタイミングで行っていくしかなく、厳密に時間で区切って行うことは現実的ではない。こうしたなか、穿孔を防ぐために手術開始後60分～90分での手袋交換をいかに確実に実施するかについては、今後の大きな課題となっている。

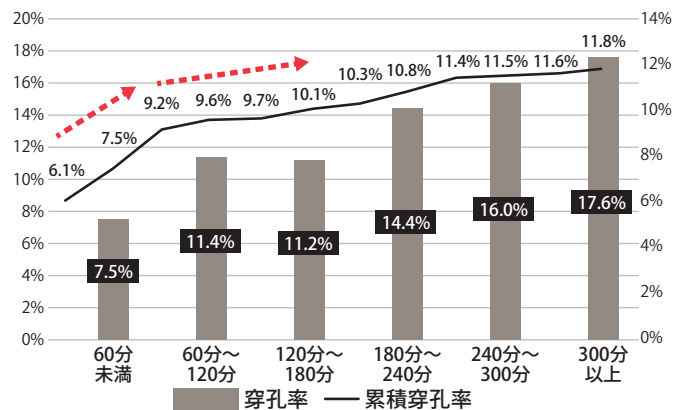
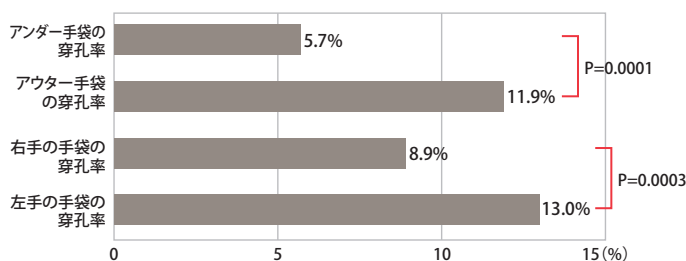


図5 手術用手袋の装着時間と穿孔率

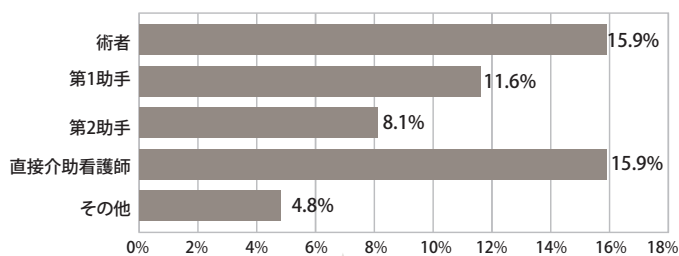
医療関連感染防止に重要な 手術用手袋の二重装着

次にアンダー手袋とアウター手袋での穿孔率を比較すると、アンダー手袋は5.7%（26枚/456枚）、アウター手袋は11.9%（305枚/2,570枚）と、アウター手袋はアンダー手袋に比べて穿孔率が有意に高率であった（ $P=0.0001$ ）。その他、穿孔部位については右手袋の穿孔率8.9%（134枚/1,513枚）に対して左手袋の穿孔率13.0%（197枚/1,513枚）であり、左は右に対し有意に穿孔率が高く（ $P=0.0003$ ）、なかでも第1・2指に多く穿孔が認められ、左の第1・2指の穿孔は全体の44.2%を占めていた。役割別では、術者15.3%（92枚/602枚）、第1助手11.1%（70枚/633枚）、第2助手7.9%（38枚/484枚）、直接介助看護師12.9%（110枚/854枚）、その他4.6%（21枚/453枚）であった。アウター手袋のみ（2,570枚）での穿孔率では、術者15.9%（92枚/578枚）、第1助手11.6%（69枚/597枚）、第2助手8.1%（38枚/468枚）、直接介助看護師15.9%（88枚/554枚）、その他4.8%（18枚/373枚）であり、術者と直接介助看護師は他の役割に比べて有意に穿孔が多く発生していた（ $P<0.0001$ ）（図6）。

●アンダー手袋とアウター手袋の穿孔率および右手と左手の手袋の穿孔率の比較



●アウター手袋のみにおける役割別の穿孔率の比較



術者と直接介助看護師は他の役割に比べて有意に穿孔が多い（ $P<0.0001$ ）

図6 手術用手袋の二重装着における穿孔率

手術用手袋穿孔のリスクについては冒頭でも述べたが、こうした医療関連感染を防止するためには手袋を二重装着し、手術中に手袋交換をすることが多くのガイドラインなどで推

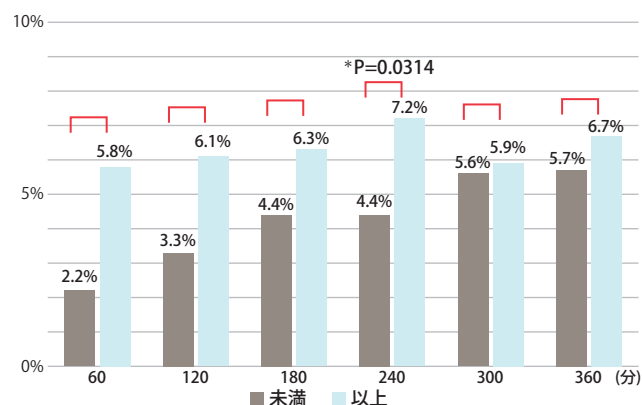
奨されている。今回の検討でもアンダー手袋は有意に穿孔率が低率であることが示されており、二重手袋装着により血液・体液への曝露や病原微生物遮断の効果が期待される。

アンダー手袋の交換は必要か？

先に述べた研究のほかに、アンダー手袋の装着時間と穿孔率についても検討した⁶⁾。アウター手袋については、装着時間60分での穿孔率に有意差が認められたが、アンダー手袋についての穿孔率の時間別比較では、240分での穿孔率に有意差が認められた（ <240 分：4.4%、 ≥ 240 分：7.2%、 $P=0.0314$ ）（図7）。

私の知る限り、手袋の穿孔率の許容範囲を検討した研究はない。本研究では、240分での穿孔率に有意差があることから、アンダー手袋を交換するには240分ごとの交換が適切であると考えられた。ただし、長時間にわたり手術用手袋を装着した手には常在菌が繁殖している。アンダー手袋を交換することにより常在菌を他の箇所に伝播させてしまうことも考えられるため、アンダー手袋を交換することが推奨され得るかどうかは今後の課題である。

●アンダー手袋の装着時間と穿孔率



●アウター手袋の装着時間と穿孔率

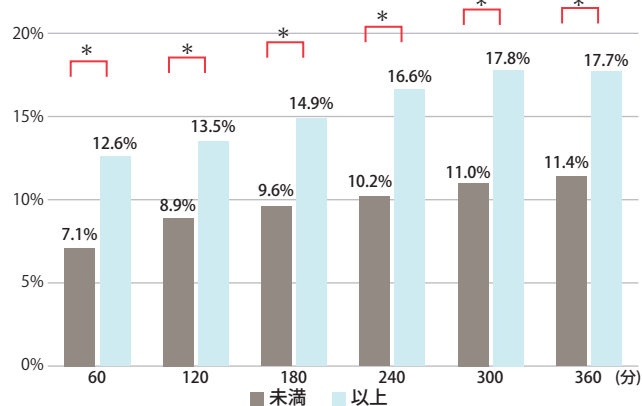


図7 時間経過による穿孔率（アンダー手袋・アウター手袋）

手術用手袋に関連して 見逃せない手荒れの問題と対策

手術用手袋の使用に関しては、ラテックスアレルギーや加硫促進剤によるアレルギー性接触皮膚炎、また医療従事者がハイリスクグループとなる刺激性接触皮膚炎など、手荒れの問題は見逃すことができない。これらについては、まず皮膚科を受診し、手荒れの原因を突き止めることが重要である。その結果、天然ゴムラテックスに感作されている場合はラテックス製品を可能な限り排除するラテックスフリー化を行う。皮膚科によるパッチテストで手袋の加硫促進剤がアレルゲンであることが判明した場合は、アレルゲンとなる加硫促進剤を含まない手袋の使用が推奨される。また往々にして見逃されがちなのが、刺激性接触皮膚炎による手荒れである。洗浄、消毒、摩擦、湿度などが原因となって起こる手指の接触皮膚炎は、特に医療従事者にとって、業務のパフォーマンスに影響を及ぼしかねないほどの重大な問題となることがある。

刺激性接触皮膚炎のリスクファクターとしては、「女性」「20歳～30歳代」「ウェットワーク」などが知られているが、これらはまさに手術室で仕事をする医療従事者がハイリスクグループであることを示している。手術室勤務の医療従事者にとっては1日に2時間以上手袋を装着することは日常であり、手指消毒後に長時間手袋を装着することは上記で示した刺激性接触皮膚炎発生の条件を満たすという、陰路的な一面を持ち合わせている。刺激性接触皮膚炎の対策の詳細は皮膚科の先生方の診療指導に委ね、ここでは割愛するが、個人でできる対策として「手の保湿」を十分に行うことが重要である。保湿クリームでセルフケアを行うことは手荒れの予防に有用であると考えられている。

そのほか、国内で利用可能な手術用手袋のなかには、保湿成分を手袋の内側にコーティングした製品も販売されており、この手袋を使用することで手術中の手の保湿が実現できる。また手術室全体での刺激性接触皮膚炎対策としても有用であると考えられ、手袋使用の選択肢の一つとして覚えておくくと手荒れの原因別対策に役立つ(図8)。

参考文献

- 1) 消化器外科手術における手術用手袋穿孔に関する検討 — 開腹手術と鏡視下手術の比較—日本外科感染症学会雑誌 16 (4) : 197～202, 2019
- 2) 手術時手袋穿孔時の血液体液暴露の検討 日本外科感染症学会雑誌 19 (2, 3) : 324～327, 2022
- 3) AWMF Working Group "Hygiene in Hospital & Practice" of AWMF: Handedesinfektion und Han-dehygiene. HygMed 2008; 33 : 300—313
- 4) Hübner NO, Goerdt AM, Stanislawski N, et al : Bacterial migration through punctured surgical gloves under real surgical conditions. BMC Infect Dis 2010; 10 : 192
- 5) Partecke LI, Goerdt AM, Langner I, et al : Inci-dence of microperforation for surgical gloves de-pends on duration of wear. Infect Control Hosp Epidemiol 2009; 30 : 409—414
- 6) Association Between the Frequency of Glove Change and the Risk of Blood and Body Fluid Exposure in Gastrointestinal Surgery World J Surg (2020) 44:3695–3701

	原因	対策
ラテックスアレルギー	天然ゴムラテックスに対するアレルギー反応	ラテックスフリー手袋の使用
アレルギー性接触皮膚炎	手袋に含まれる加硫促進剤によるアレルギー反応	アレルギーの原因となる加硫促進剤を含まない手袋の使用
刺激性接触皮膚炎	洗浄、消毒、摩擦、湿度などによる皮膚の刺激 長時間の手袋装着	手の保湿、保湿成分を含む手袋の使用

図8 手術用手袋に関連する皮膚問題と対策

手荒れが重症化している場合、個人での対策では治療に限度がある。そのため速やかに皮膚科を受診することを、手荒れを起こしている本人が自覚するだけでなく周りの仲間からも助言することが望まれる。

二重手袋と手術中の手袋交換が『当たり前』になることが理想

手術用手袋の穿孔は、気づきにくいというのが大きな問題である。だからこそ今回の研究で示されたように、『80%以上の手術で誰かしらの手袋が穿孔しているかもしれない』ということ、また手袋の穿孔率は手術開始から90分で急激に増加するという事実を認識した上で、穿孔のリスクについても十分に理解を得る場を確保していただきたい。こういった教育や啓発活動が、ひいてはSSIや血液・体液曝露を防ぐことに繋がるのではないだろうか。

また手術用手袋の選択には、手袋の特徴を理解し、適切なものを選ぶことが重要である。サイズや形状はメーカーで異なるだけでなく、製品によっても異なり、個人の手の形やバランスに合わせた選択が求められる。いずれにしても、その人の手にフィットし、手術がしやすい手袋を選択して使用することで、より快適な状態で手術を行うことができ、安全も担保できるだろう。

私の願いは、世界中の病院で二重手袋装着や手術開始から60分～90分での手袋交換が常識となることである。また、手術用手袋は手術器具の重要なひとつのアイテムとして、個々の手にフィットし、手術の内容に合った選択が普通になることが望ましい。これにより、患者だけでなく、医療従事者の安全や安心も高いレベルになるだろう。

