

[看護研究]

バイオクリーンルームの室内人数及び扉の開閉回数に伴う 浮遊細菌数の現状

尾道市立市民病院 看護部

松本 健一, 服部 祐貴生

要 旨 手術室は空気清浄度によって区域分けされており, 高度清潔区域 (Bioclean Room, 以下 BCR) の空調管理は他の手術室に比べ厳密に管理されている. しかし適切な空調管理を行っても人の出入りや器械の搬入に伴う扉の開閉があるため, 室内を常に清潔に保つことは難しい. 室内人数や扉の開閉回数の多さが室内の空気の清浄度に影響を及ぼしているのではないかと考え, 本研究をおこなった. その結果室内人数と浮遊細菌数との比較では相関係数は $r = 0.67$ となり, 有意な正の相関を認めた ($p < 0.001$). 次に扉の開閉回数と浮遊細菌数との比較でも相関係数は $r = 0.71$ となり, 有意な正の相関を認めた ($p < 0.001$). 本研究では, 室内人数及び扉の開閉回数, 浮遊細菌数との関係について明らかにすることができた. 今後室内人数や扉の開閉回数を減らすためにスタッフ一人一人が手術に必要な器械類の準備を万全に整え, 出入りを最小限にし安全な手術環境を提供していきたい.

Key words: 室内人数, 扉の開閉回数, 浮遊細菌数

はじめに

医療施設における環境感染管理のための米国疾病予防センター (Centers for Disease Control and Prevention, 以下 CDC) ガイドラインでは手術室内の空気清浄度を恒常的に維持するための基準が定められており, とりわけ清潔手術が必要とされる BCR の空気の清浄度は高く管理されている. 「感染経路は接触感染, 飛沫感染, 空気感染の3つに分類される. 接触感染, 飛沫感染については標準予防策を適切に行うことで細菌の媒介を阻止することができる」とされ, 空気感染は空調管理された手術室で空気清浄度を保つことにより浮遊細菌の媒

介を阻止することができる¹⁾とされている. また患者の皮膚や粘膜の常在細菌の他に, 手術室スタッフからの飛沫や常在細菌, 手術中の浮遊細菌による落下菌の汚染も手術部位感染 (Surgical Site Infection, 以下 SSI) の原因となっている.

手術室は空気清浄度によって区域分けされており, BCR の空調管理は他の手術室に比べ厳密に管理されている. しかし適切な空調管理を行っても人の出入りや器械の搬入に伴う扉の開閉があるため, 室内を常に清潔に保つことは難しい. 当院の BCR では整形外科の手術を年間約 180 件行っている. 人工関節などの手術器械を使用し, 手術室スタッフに

Number of participants and number of times of opening and closing the door affect the floating bacteria in the bioclean room.

Department of Nursing, Onomichi Municipal Hospital
Kenichi MATSUMOTO, Yukimi HATTORI

加え、インプラント取り扱い業者の出入りがあるため他科の手術より室内人数や出入りも多くなる。そこで室内人数や扉の開閉回数の多さがBCR内の空気の清浄度に影響を及ぼしているのではないかと疑問に思った。先行研究では「手術室の空気清浄度とSSI発生率が手術室に在室している人数の影響を受ける」²⁾という報告や、「扉の開閉頻度が手術室内の浮遊細菌数と相関している」³⁾という報告もある。さらに手術医療の実践ガイドラインでも「手術室内での人の動きがあると浮遊粉塵数が増加するのでなるべく少人数とし、出入りも必要最小限とする。ドアは必要時のみ開閉する」⁴⁾ことが提唱されている。

国内の研究では扉の開閉回数と浮遊細菌数との関連についての報告は見当たらない。そこで本研究では、手術室の室内人数及び扉の開閉回数が空気の清浄度にどれほど影響を及ぼしているか、浮遊細菌との関連性について調査を行った。

研究目的

BCRの空気の清浄度について室内人数及び扉の開閉回数と浮遊細菌数との関連について明らかにする。

用語の定義

手術室スタッフ（医師，看護師，インプラント取り扱い業者を含む）

室内人数（それぞれの計測時間内で関与した最大人数）

研究方法

1. 研究デザイン

観察研究

2. 研究対象

BCRで行う手術9症例を対象とした。（人工股関節置換術2件，人工膝関節全置換術4件，膝関節単顆置換術1件，股関節人工骨頭置換術2件）

BCRの概要について、容積は112 m³，換気回

数は回数120回/h，層流は水平層流であり温度は22～26度，湿度は50%である。BCRに出入りするスタッフは全員標準的な感染予防策に則り鼻と口を覆うマスクの着用，毛髪を覆う帽子，衛生的な手術着の着用を遵守した。

3. 調査期間

2020年6月24日から7月31日

4. 研究方法

扉の開閉回数及び室内人数は器械展開時（器械準備から器械展開終了まで），手術開始時（器械展開終了から手術開始まで），インプラント挿入時（手術開始からインプラント挿入まで）の3回に分けてそれぞれカウントした。浮遊細菌の測定はコンパクトエアーサンプラー ES-100（以下エアーサンプラー）を用いて行い，BCR内の指定の場所（術野から1～2メートル離れた地点）で空気の採取を行った。

エアーサンプラーの高さは器械台の高さに合わせて測定を行い，エアーサンプラーに設置された寒天培地を用いて浮遊細菌の採取を行った（図1）。

浮遊細菌を採取した培地は37℃で24時間培養して発育したコロニーを計数し，コロニー形成単位（Colony forming unit, 以下cfu）を用いて表記した。なお使用前のBCRについてエアーサンプラーを用いて3回測定を行い，いずれも各種浮遊細菌の検出が0cfuであることを確認した。

5. データの分析方法

室内人数及び扉の開閉回数，コロニー数についてPearsonの相関係数を用いて検討した。検定には統計ソフトStatmate3を使用した。

倫理的配慮

手術進行に支障をきたさないように配慮し，手術進行に支障をきたすような状況になった場合は即時採取を中止することとした。

結果

症例 1, 器械展開時(室内人数 3 人, 扉の開閉回数 9 回)の総コロニー数 1cfu (菌種: コアグラゼ陰性ブドウ球菌 (coagulase negative staphylococci 以下 CNS) 1cfu), 手術開始時(室内人数 10 人, 扉の開閉回数 28 回)の総コロニー数 16cfu (菌種: CNS 10cfu, 酵母様真菌 4cfu, 好気性グラム陽性桿菌 2cfu), インプラント挿入時(室内人数 7 人, 扉の開閉回数 5 回)の総コロニー数 2cfu (菌種: CNS 2cfu) であった。

症例 2, 器械展開時(室内人数 6 人, 扉の開閉回数 8 回)の総コロニー数 0cfu, 手術開始時(室内人数 9 人, 扉の開閉回数 30 回)の総コロニー数 1cfu (菌種: CNS 1cfu), インプラント挿入時(室内人数 7 人, 扉の開閉回数 4 回)の総コロニー数 1cfu (菌種: CNS 1cfu) であった。

症例 3, 器械展開時(室内人数 5 人, 扉の開閉回数 8 回)の総コロニー数 1cfu (菌種: CNS 1cfu), 手術開始時(室内人数 11 人, 扉の開閉回数 31 回)の総コロニー数 20cfu, (菌種: CNS 18cfu, 好気性グラム陽性桿菌 1cfu, ブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌 1cfu), インプラント挿入時(室内人数 8 人, 扉の開閉回数 0 回)の総コロニー数 0cfu であった。

症例 4, 器械展開時(室内人数 7 人, 扉の開閉回数 12 回)の総コロニー数 1cfu (菌種: CNS 1cfu), 手術開始時(室内人数 12 人, 扉の開閉回数 25 回)の総コロニー数 9cfu (菌種: CNS 9cfu), インプラント挿入時(室内人数 10 人, 扉の開閉回数 5 回)の総コロニー数 9cfu (菌種: 黄色ブドウ球菌 (MSSA) 1cfu, CNS 8cfu) であった。

症例 5, 器械展開時(室内人数 4 人, 扉の開閉回数 7 回)の総コロニー数 0cfu, 手術開始時(室内人数 10 人, 扉の開閉回数 25 回)の総コロニー数 17cfu (菌種: CNS 14cfu, 好気性グラム陽性桿菌 1cfu, ブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌 2cfu), インプラント挿入時(室内人数 7 人, 扉の開閉回数 2 回)の総コロニー数 1cfu (菌種: CNS 1cfu) であった。

症例 6, 器械展開時(室内人数 8 人, 扉の開閉回数 10 回)の総コロニー数 0cfu, 手術開始時(室内人数 11 人, 扉の開閉回数 19 回)の総コロニー数 11cfu (菌種: CNS 11cfu), インプラント挿入時(室内人数 8 人, 扉の開閉回数 5 回)の総コロニー数 0cfu であった。

症例 7, 器械展開時(室内人数 2 人, 扉の開閉回数 5 回)の総コロニー数 0cfu, 手術開始時(室内人数 10 人, 扉の開閉回数 26 回)の総コロニー数

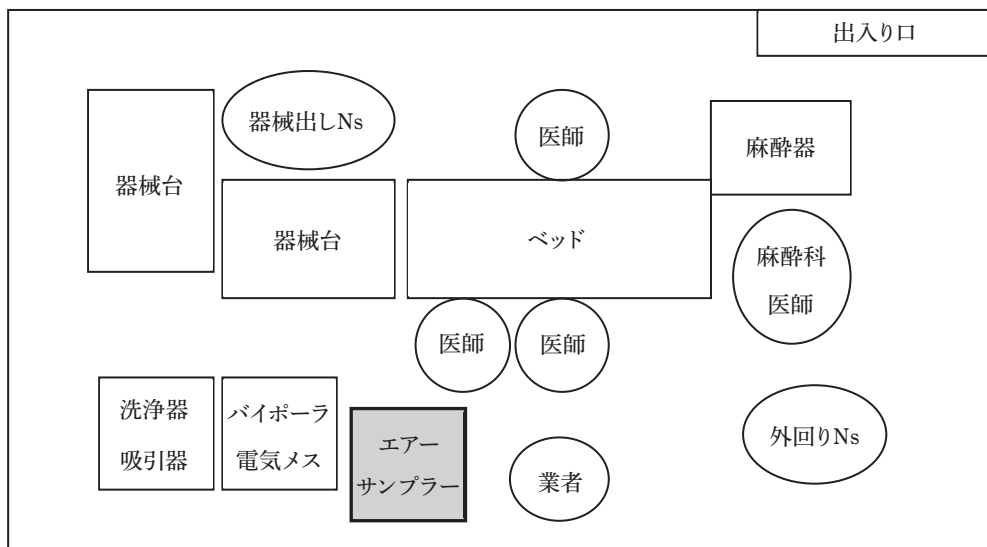


図 1 エアースAMPLER設置場所

0cfu, インプラント挿入時(室内人数 8 人, 扉の開閉回数 9 回)の総コロニー数 1cfu (菌種:CNS 1cfu)であった。

症例 8, 器械展開時(室内人数 6 人, 扉の開閉回数 12 回)の総コロニー数 0cfu, 手術開始時(室内人数 11 人, 扉の開閉回数 32 回)の総コロニー数 9cfu (菌種:CNS 6cfu, 好気性グラム陽性桿菌 2cfu, ブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌 1cfu), インプラント挿入時(室内人数 8 人, 扉の開閉回数 9 回)の総コロニー数 0cfuであった。

症例 9, 器械展開時(室内人数 4 人, 扉の開閉回数 5 回)総コロニー数 0cfu, 手術開始時(室内人数 10 人, 扉の開閉回数 32 回)の総コロニー数 13cfu (菌種:CNS 12cfu, ブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌 1cfu), インプラント挿入時(室内人数 7 人, 扉の開閉回数 2 回)の総コロニー数 0cfuであった。

9 症例全体で検出された菌種別の浮遊細菌数は

CNS 97cfu, 酵母様真菌 4cfu, 好気性グラム陽性桿菌 6cfu, 腸内細菌 0cfu, 黄色ブドウ球菌 1cfu, ブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌 5cfu, 総数 113cfu であった。CNS が 86%を占めていた(表 1)。

9 症例平均の室内人数は器械展開時 5.0 人, 手術開始時 10.4 人, インプラント挿入時 7.8 人であった(表 2)。扉開閉回数は器械展開時 8.4 回, 手術開始時 27.6 回, インプラント挿入時 4.6 回であった。総コロニー数は器械展開時 0.3cfu, 手術開始時 10.7cfu, インプラント挿入時 1.6cfu, であった(表 2)。

室内人数と浮遊細菌数との比較では相関係数は $r = 0.67$ となり, 有意な正の相関を認めた ($p < 0.001$) (図 2)。次に扉の開閉回数と浮遊細菌数との比較では相関係数は $r = 0.71$ となり, 有意な正の相関を認めた ($p < 0.001$) (図 3)。

表 1 検出された細菌コロニー (c f u)

	器械展開時	手術開始時	インプラント挿入時	総計
ブドウ球菌(CNS)	3	81	13	97
酵母様真菌	0	4	0	4
好気性 G(+)桿菌	0	6	0	6
腸内細菌	0	0	0	0
黄色ブドウ球菌 (MSSA)	0	0	1	1
ブドウ糖非発酵 G(-)桿菌	0	5	0	5
総コロニー数	3	96	14	113

表 2 計測された室内人数, 扉の開閉回数, および総コロニー数

	器械展開時	手術開始時	インプラント挿入時
室内人数(人)	5.0 ± 1.9	10.4 ± 0.9	7.8 ± 1.0
扉開閉回数(回)	8.4 ± 2.6	27.6 ± 4.3	4.6 ± 3.0
総コロニー数(cfu)	0.3 ± 0.5	10.7 ± 6.8	1.6 ± 2.9

数値はそれぞれ平均 ± 標準偏差で記載

考 察

本研究では関与した室内人数と浮遊細菌数との間に有意な正の相関が認められた。また扉の開閉回数と浮遊細菌数との間にも有意な正の相関が認められた。つまり手術に関与した人数が増えるほど、また扉の開閉回数が増えるほど室内の浮遊細菌は増えていくことが明らかになった。

また過去の文献では「CNS, Micrococcus spp. は、在室人数、人の行動と相関して増加した」¹⁾ という報告や「扉の開閉頻度が手術室内の浮遊細菌数と相関している」³⁾ という報告があり、今回の結果はそれらの報告と同様の結果となった。室内人数と浮遊細菌との関係を見ると、室内人数が9人以下では総コロニー数がほぼ0cfuであったが、室内人数が10人以上になると総コロニー数が10cfu以上へ

急激に増加していた。扉の開閉回数も同様に、20回以上になると総コロニー数が急激に増加した。扉の開閉回数が20回未満、室内人数は9人以下に抑えることが一つの指標になる。室内人数と扉の開閉回数はそれぞれが独立した因子でなく互いに影響しており、関与する人数が増えると必然的に扉の開閉回数が増えると考えられる。このことから室内人数を少なくすることで扉の開閉回数、浮遊細菌の増加を抑制することができるが、手術開始時は手術室スタッフの人手が多く必要になるため難しい。本研究の結果をスタッフ間で共有し、関与する人数や扉の開閉回数を少なくした関わりについて考えていく必要がある。

Tammelinenら⁵⁾は「手術中に発生する落下菌の大部分が手術室に在室している手術スタッフ・患者

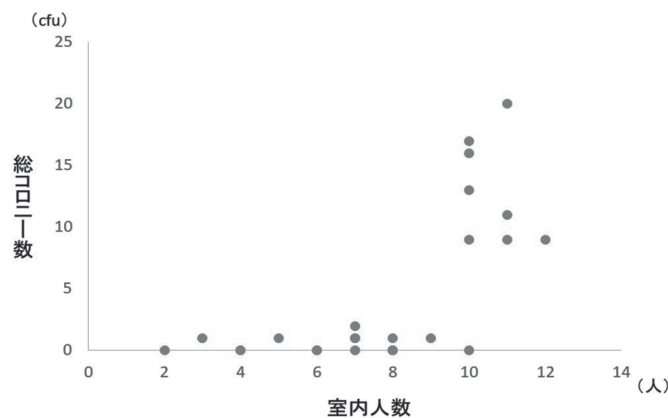


図2 室内人数×浮遊細菌数

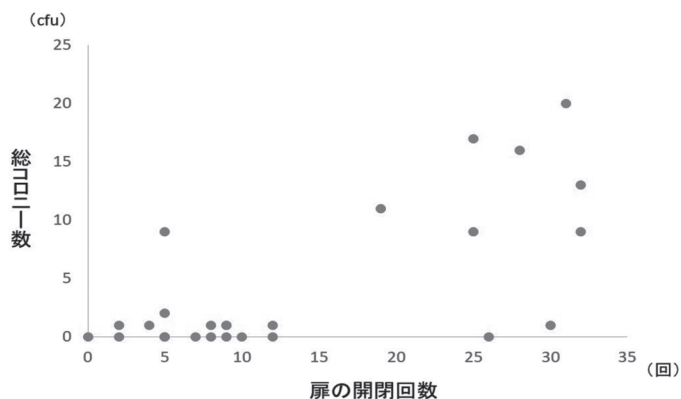


図3 扉の開閉回数×浮遊細菌数

に由来している可能性が高い」と述べている。検出された浮遊細菌種を調査すると、CNSが9割と大部分を占めていた。浮遊細菌は医療スタッフに由来する可能性が高いと考えられ、他に酵母様真菌、好気性グラム陽性桿菌、ブドウ糖非発酵グラム陰性桿菌、黄色ブドウ球菌（MSSA）などの皮膚常在菌も同時に検出されている。多くの菌種が検出された要因として、手術開始時やインプラント挿入時は手術室スタッフを最も多く必要とし、医師、看護師、インプラント取り扱い業者などが多く関わっていることがあげられる。また各手術室スタッフ個々の皮膚常在細菌にも違いがあるため、手術開始時に数多くの菌種が検出されたのではないかと考えられる。さらに、手術開始時は患者の搬入から麻酔の導入、手術患者の体位作成から医師、看護師のガウン着用、患者のドレーピング準備、術野の消毒、術野のライト調整など多くの作業が増える。そのため室内での手術室スタッフの動きが急増し動線が増える。甲斐は「手術室の空気の微生物レベルは室内で動き回る人数に正比例して増加するため、手術中は室内での動きを最小限にするべきである」⁶⁾と述べている。室内人数、扉の開閉回数が及ばず影響の他に動線が増えることで気流が乱れ、浮遊細菌が拡散しているのではないかと考えられる。また動線を減らすことで浮遊細菌を抑えることができるのではないかと考えられる。

今回の研究結果をスタッフと共有することで室内人数や扉の開閉回数の増加と浮遊細菌数の増加との関連を意識することができる。そして、手術に必要な器械類の準備を万全に整えることが扉の開閉回数や室内人数の減少へつながると考える。

結 論

1. BCR内の浮遊細菌は室内人数、扉の開閉回数が増えるほど多く検出された。
2. 検出菌種は、CNSが9割と大部分を占めていた。
3. 浮遊細菌は手術開始時に最も多く検出された。

おわりに

本研究では、室内人数及び扉の開閉回数、浮遊細菌

数との関係について明らかにすることができた。今後、室内人数や扉の開閉回数を減らすためにスタッフ一人一人が手術に必要な器械類の準備を万全に整え、出入りを最小限にして安全な手術環境を提供していきたい。

引用、参考文献

- 1) 松本美貴, 他: 一般環境におけるエアースンプラーを使用した空気浮遊細菌の分布調査, 環境感染誌, 141-146, 2019.
- 2) Ayliffe GA, et al: Role of the environment of the operating suite in surgical wound infection: Rev Infect Dis, 13Suppl, 10, 800-804, 1991.
- 3) Scaltriti S, et al: Risk factors for particulate and microbial contamination of air IN operating theatres: J Hosp Infect, 66 (4), 320-326, 2007.
- 4) 針原康: 第7章, 手術と感染防止, 手術医療の実践ガイドライン (改訂版), 日本手術医学会, 59-65, 2013.
- 5) Tammelin A, et al: Source and Route of methicillin-resistant staphylococcus epidermidis transmitted to the surgical wound during cardio-thoracic surgery. Possibility of preventing wound contamination by use of special scrub suits: J Hosp Infect, 47, (4), 266-276, 2001.
- 6) 甲斐哲也: 麻酔科医ができる SSI 予防, 日本臨床麻酔学会誌, 370-372, 2017.
- 7) 亀田典宏, 他: 手術中に発生する落下菌による手術部位感染の可能性について, 日本手術看護学会誌, 11-17, 2018.
- 8) 渋谷勝利: 浮遊微生物の測定方法 (特集 浮遊細菌生物汚染の生体影響と新展開) 172-176, 2003.
- 9) 井谷基: 一足制による手術室・ICU 空気清浄度の変化, 日本集中治療医学会雑誌, 395-399, 2005.