原著

空調を備えた手術室において人体から飛散する細菌量の季節的変動に関する検討

高橋 泰子* 林 キイ子* 釘宮 豊城*
小林 寛伊* 都築 正和*

Seasonal Changes of Number of Airborne Bacteria Dispersed from
Human Body under the Fully Air-conditioned Operating Room

Yasuko TAKAHASHI, Kiiko HAYASHI,
Toyoki KUGIMIYA, Hiroyoshi KOBAYASHI,
Masakazu TSUZUKI

Surgical Center, University of Tokyo Hospital,
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

Abstract

Seasonal changes of bacterial dispersion from human body surface were found under the fully air-conditioned environment. Airborne bacteria dispersed from human body were sampled by Reyniers modified slit sampler for 148 times. The number of airborne bacteria in summer was the largest and significantly different from that of other three seasons ($p < 0.05$). Numbers of airborne bacteria in spring and autumn were nearly identical. That of winter was the smallest and significantly different from all other seasons ($p < 0.01$). Bacterial dispersion in winter was approximately one fifth of the number in summer, and its standard deviation was the smallest in all seasons.

Species of airborne bacteria and their percentage dispersed from human body were *Staphylococcus aureus* 0.1%, coagulase negative staphylococci 36.8%, micrococci 30.6%, gram-positive rods 30.6%, gram-negative rods 1.7%, yeasts and fungi 0.2%, and others 0.1%. Airborne gram-negative rods were identified as *Moraxella*, *Pseudomonas paucimobilis* and glucose non-fermenting bacteria.

1. はじめに

手術室は、一年中を通して空調により温度、湿度が一定の範囲内に調節されており、季節による環境の変化はあまり感じられない。しかし、手術室の空気汚染源として問題となる人体から

の発菌量は、季節による影響を受けていると考えられる。著者らは、1980年11月から1984年6月までに、東大病院中央手術部内のフィルタモジュールを設置した水平層流式バイオロジカルクリーン手術室でおこなった延148回の測定結果から、人体から飛散する発菌量の季節的変動について報告する。

* 東大医学部附属病院中央手術部
(原稿受付：昭和60年7月1日)

2. 方 法

2-1 測定場所および測定機器

図1に示すごとく、水平層流式バイオリジカルクリーン手術室のフィルタ面中央部より1.5 mの位置で一定の運動（NHKラジオ体操）をおこない、その風下1.0 mの位置でReyniers改良型 slit sampler により被験者からの発菌量を、また光散乱式微粒子計 Rion KC-01 により発塵量を、ほぼ手術台の高さ（1.1 m）で測定した。

図1 測定位置と測定機器

2-2 被験者

被験者は、年齢、身長、体重のほぼ等しい中年の女性2人であり、木綿製の女性用手術下着を着用し、木綿製の帽子の上に不織布製の帽子をかぶり、不織布製のマスクをし、木綿製の靴下にスリッパを着用している。

2-3 手術用下着表面付着菌

一定の運動終了後に、図1左下に数字で示す5ヵ所の測定位置につき、表面積10 cm²のcontact plate により、手術用下着表面付着菌を採取した。なお、手術用下着は滅菌していないが、洗濯、乾燥の過程でほぼ無菌となっており、したがって表面付着菌は被験者由来かまたは、着用後の汚染によるものと考えられる。

2-4 細菌培養用培地

空气中浮遊細菌および表面付着菌の採取用培地は、血液寒天培地であり37°C 48時間好気的に培養後、集落数 colony forming unit (以下

cfu と略す) を算定し、菌種の同定を行った¹⁾。

2-5 季節区分

季節区分は、測定日が3月、4月、5月のを春期、6月、7月、8月を夏期、9月、10月、11月を秋期、12月、1月、2月を冬期とした。各季節のサンプル数は、春期が24、夏期が35、秋期が47、冬期が42となり、春期のサンプル数が若干少ない。

3. 結果と考察

3-1 人体から飛散する細菌量の季節的変動

上記の季節区分に従い、Reyniers 改良型 slit sampler により採取した人体からの発菌量の季節別分布を図2に示す。左より春期、夏期、

Seasonal distribution of no. of airborne bacteria sampled by Reyniers modified slit sampler.

図2 人体から飛散する細菌量の季節別分布

秋期、冬期の順に各季節の測定値の分布と平均値を示す。なお、100 cfu/100 ℓ以上の測定値は、図上部に中ぬけの丸印で示している。各季節の測定値を比較すると、夏期測定値が最も高く、その平均値と標準偏差は、68.1 ± 59.1 cfu/100 ℓである。次いで秋期と春期の平均値および標準偏差は、それぞれ 45.3 ± 33.5, 42.0 ± 27.3 とほぼ同程度である。発菌量の最も低い冬期の平均値および標準偏差は、12.1 ± 7.2 cfu/100 ℓであり、夏期平均値の約5分の1となっている。また冬期測定値のばらつきが比較的少ない。

季節別発菌量測定値について、平均値の差の検定（*t* 検定）を行うと、冬期は、春期、夏期、秋期と比較して危険率1%以下で有意に低く、夏期は、春期および秋期と比較して危険率5%以下で有意に高い。一方、春期と秋期の間には、

有意の差はみられなかった。

Ulrich (1965)²⁾ は、それぞれ同一被験者の手首および腕の皮膚細菌数を、tape stripping 法により検索した結果、季節的変化より daily variation の方が大きく、従って皮膚細菌数の季節的変動はみられないと報告した。皮膚表面上の細菌数は、被験者の年齢、性別、運動量、環境条件、汚染度、採取方法などさまざまな因子により影響されていると考えられるので^{3,4)}、季節的影響のみを検討するのは困難である。一方、本研究では、一年中空調により環境条件が一定にコントロールされた手術部内において、無塵無菌空間である水平層流式バイオリジカルクリーン手術室を使用して、被験者、着衣、運動量、測定法を一定とし、発菌量を測定した。従って、通常の条件ではあまり明らかな人体からの発菌量の季節的変動が、環境条件を一定にすることにより、かえって明確にとらえられたものと考えられる。また、諸外国に比し、日本という四季のはっきりした環境における人の皮膚の特性などが関係しているかもしれない。

3-2 人体から飛散する塵埃量の季節的変動

発菌量と同時に測定した発塵量について、同様に季節別の比較を行うと、図3に示すごとく、粒径 $0.3\mu\text{m}$ 以上の微粒子数は、秋期と比較して、春期、夏期、冬期に増加しており、発菌量の結果とは全く異なっている。一方、 $0.5\mu\text{m}$, $1.0\mu\text{m}$, $2.0\mu\text{m}$ 以上の微粒子数は、いずれも夏期に多く冬期に少ない傾向は示しているが、その差はわずかである。また $5.0\mu\text{m}$ 以上の微粒子数では、季節別の差はほとんどみられなかった。発塵量において季節別の差があまり明確でないことは、見方を変えれば、発塵という物理

Seasonal distribution of no. of airborne particles sampled by particle counter.

図3 人体から飛散する塵埃量の季節別比較

Distribution of no. of bacteria on scrub attires.

図4 手術用下着表面付着菌の季節別菌数分布の現象においては各季節とも、比較的一定であったことを示す。

3-3 手術用下着表面付着菌の季節的変動

手術用下着表面付着菌の季節別菌数分布を採取部位別に、図4に示す。図右上部に採取部位番号を、右下部に菌数を表示した。各季節別の表面付着菌の平均値は、採取部位中央部に示した。本図より明らかなように、表面付着菌は、春期が最も多く、次いで夏期、秋期がほぼ等しく、冬期が最も少ない。この順位は、発菌量の季節別順位とは冬期を除いて若干異なっている。また採取部位別では、各季節とも比較的左側の採取菌量が多くなっているが、この原因としてボタンの位置が左側にあるために、着衣時の指による汚染があったものと考えられる。

3-4 人体から飛散した空气中浮遊細菌数の種類

Reyniers 改良型 slit sampler で採取した空气中浮遊細菌 5,923 cfu の菌種のうちわけを、表1に示す。全体でみると病原菌として問題となる *Staphylococcus aureus* が 0.1%, coagulase 陰性 staphylococci が 36.8%, micrococci が 30.6%, gram 陽性桿菌が 30.6%, グラム陰性桿菌が 1.7%, イーストおよび真菌が 0.2%, その他が 0.1% となった。これを季節別でみると、臨床上問題となる *S. aureus* および gram 陰性桿菌は、夏期と秋期に集中して検出されている。空气中浮遊 gram 陰性桿菌の菌種は, *Moraxella*, *Pseudomonas paucimobilis* および同定不能のブドウ糖非発酵菌であった。 *Moraxella* を除き⁵⁾, *P. paucimobilis*⁶⁾ および同定不能のブドウ糖非発酵菌⁷⁾ は、環境汚染菌であり、人の皮膚常在菌とは考えられない⁸⁾。接触や空気伝播により、一次的に皮膚および衣服の汚染があったものと考えられる。

(4) 医器学 Vol. 55, No. 9 (1985)

表1 人体から飛散した細菌の種類

Airborne bacterial species dispersed from human skin.

Organism	Spring cfu (%)	Summer cfu (%)	Autumn cfu (%)	Winter cfu (%)	All seasons cfu (%)
Staphylococcus aureus		2 (0.09)	1 (0.05)		3 (0.05)
Coagulase negative staphylococci	226 (22.4)	767 (32.8)	939 (45.8)	247 (47.5)	2179 (36.8)
Micrococci	386 (38.2)	815 (34.8)	443 (21.6)	168 (32.3)	1812 (30.6)
Gram-positive rods	389 (38.5)	709 (30.3)	614 (30.0)	101 (19.4)	1813 (30.6)
Gram-negative rods	6 (0.6)	44 (1.9)	49 (2.4)		99 (1.7)
Yeasts and fungi	1 (0.1)	2 (0.09)	6 (0.3)	3 (0.6)	12 (0.2)
Others	2 (0.2)	2 (0.09)		1 (0.2)	5 (0.08)
Total	1010	2341	2052	520	5923

cfu : colony forming unit

表2 手術用下着表面付着菌の種類

Bacterial species on scrub attires.

Organism	Spring cfu (%)	Summer cfu (%)	Autumn cfu (%)	Winter cfu (%)	All seasons cfu (%)
Staphylococcus aureus		1 (0.2)	1 (0.2)	3 (1.5)	5 (0.3)
Coagulase negative staphylococci	49 (13.4)	134 (31.9)	220 (38.3)	80 (40.4)	483 (31.0)
Micrococci	292 (79.6)	123 (29.3)	102 (17.8)	29 (14.7)	546 (35.0)
Gram-positive rods	26 (7.1)	159 (37.8)	243 (42.3)	76 (38.4)	504 (32.3)
Gram-negative rods		3 (0.7)	6 (1.1)	7 (3.5)	16 (1.0)
Yeasts and fungi			1 (0.2)		1 (0.06)
Others			1 (0.2)	3 (1.5)	4 (0.3)
Total	367	420	574	198	1559

cfu : colony forming unit

3-5 手術用下着表面付着菌の種類

血液寒天培地の contact plate で採取した手術用下着表面付着菌 1,559 cfu の菌種のうちわけを、表2に示す。全体でみると、*S. aureus* の検出率は、0.3%，coagulase 陰性 staphylococci は 31.0%，micrococci は 35.0%，gram 陽性桿菌が 32.3%，gram 陰性桿菌が 1.0%，イーストおよび真菌が 0.1%，その他が 0.3% となり、この割合は空气中浮遊細菌のうちわけとほぼ似かよっている。しかし、これを季節別にみると、空气中浮遊細菌においては、冬期に全く検出されなかった *S. aureus* およびグラム陰性桿菌が、表面付着菌においては、それぞれ 5 cfu 中 3 cfu、16 cfu 中 7 cfu と高率に検出さ

れている。また秋期および冬期における *S. aureus* の検出は、被験者顔面に小化膿巣があるときにみられた。この事実は、手術室における感染防止対策上、顔面など露出皮膚からの落下による着衣の表面付着菌の重要性を示唆しているものと考えられる⁹⁾。

冬期に検出された gram 陰性桿菌 7 cfu は、1回の測定においてのみ検出されたが、7 cfu とも *Enterobacter cloaca* と同定された。接触などによる手術用下着の一次的汚染が原因として考えられる。

季節別に表面付着菌の種類をみると、空气中浮遊細菌の割合とは明らかに異なっている。空气中浮遊細菌が、発菌源から 1.0 m 風下におい

表3 水平層流式バイオロジカルクリーン手術室の温度・湿度
Environmental condition.

	Spring	Summer	Autumn	Winter
Temperature (°C)	24.6-28.6	23.2-25.8	23.2-30.0	22.2-27.0
Relative humidity (%)	26 - 52	43 - 56	28 - 51	23 - 31

て空気中に浮遊している細菌を採取しているのに対して、表面付着菌は、皮膚表面からの落下菌および接触などによる汚染菌を同時に採取しているものと考えられる。

3-6 環境条件

本実験中、アスマン通風乾湿計により測定した水平層流式バイオロジカルクリーン手術室の温度、湿度を表3に示す。温度変化は、四季を通じてほぼ一定であるが、相対湿度は夏期に高く、冬期に低い傾向がみられた、相対湿度35%以下の冬期42例、春期12例、秋期18例の発菌量平均値を比較すると、それぞれ12.1 cfu, 28.5 cfu, 28.8 cfu となり、春期、秋期に比しあきらかに冬期が少なく、同程度の湿度条件においても、人体からの発菌量の季節的変動がみられた。一方、同じ季節内では、湿度が高い方が発菌量は高い傾向がみられている。

人の皮膚からの発菌については、従来より手術室および病棟の空気汚染源として、皮膚からの落屑および衣類からの発塵との関連で種々報告があるが^{10,11)}、人体からの発菌と季節との関係を論じた報告はほとんどみられない。本研究において、空調により調節された手術室環境における人体からの発菌量が、季節により影響を受けていることが示された。四季の湿度の変化が、人体からの発菌に影響を与えている可能性も考えられるが¹²⁾、空調を完備した手術室における人体からの発菌量の季節的変動の主原因は、人の皮膚性状の季節的变化などによるものと考えられる¹³⁾。従って、手術室に出入りする手洗いを行っていない医療従事者からの発菌については、なんらかの季節的配慮が必要であろう。

4. 結 論

一年中空調により温度・湿度が一定の範囲内

に調節されている手術室において、人体からの発菌量が季節により変動することを明らかにした。Reyniers 改良型 slit sampler により採取した人体からの発菌量は、夏期測定値が最も高く ($P < 0.05$)、春期と秋期がほぼ同程度であり、冬期が最も少なかった ($P < 0.01$)。冬期の発菌量測定値は、夏期の約5分の1であり、測定値のばらつきが最も小さかった。

人体より飛散した空気中浮遊細菌の菌種のうちわけは、*Staphylococcus aureus* が0.1%, coagulase 陰性 staphylococci が36.8%, micrococci が30.6%, gram 陽性桿菌が30.6%, gram 陰性桿菌が1.7%, イーストおよび真菌が0.2%, その他が0.1%であった。Gram 陰性桿菌は、夏期と秋期に集中して検出されており、その菌種は、*Moraxella*, *Pseudomonas paucimobilis*, 同定不能のブドウ糖非発酵菌などであった。

本論文の要旨は、第60回日本医科器械学会大会において発表した。

文 献

- 1) Lennete, E. H. et al.: Manual of Clinical Microbiology 3rd ed., American Society for Microbiology, 1980.
- 2) Ulrich, J. A.: Dynamics of bacterial skin population in Skin Bacteria and Their Role of Infection, 219-234, McGraw-Hill Book, 1965.
- 3) Somerville, D. A. & C. T. Murphy: Quantitation of *Corynebacterium acnes* on healthy human skin, J. Invest. Dermatol., 60(4), 231-233, 1973.
- 4) Noble, W. C.: Dispersal of skin microorganisms, Brit. J. Dermatol., 93, 477-485, 1975.
- 5) Kloos, W. E. & M. S. Musselwhite: Distri-

(6) 医器学 Vol. 55, No. 9 (1985)

- but ion and persistence of *Staphylococcus* and *Micrococcus* species and other aerobic bacteria on human skin, Appl. Microbiol., 30(3), 381-395, 1975.
- 6) Gilardi, G. L. : *Pseudomonas* in Manual of Clinical Microbiology 4th ed., 350-372, American Society for Microbiology, 1985.
- 7) Rubin, S. J. et al. : Glucose-nonfermenting gram-negative bacteria in Manual of Clinical Microbiology 4th ed., 330-349, American Society for Microbiology. 1985.
- 8) Kligman, A. M. : The bacteriology of normal skin in Skin Bacteria and Their Role of Infection, 13-31, McGraw-Hill Book, 1965.
- 9) Tanner, E. I. et al. : An outbreak of post-operative sepsis due to a staphylococcal disperser, J. Hyg., 85, 219-225, 1980.
- 10) 高橋泰子ほか : 人体より発生する塵埃および細菌に関する定量的検討—垂直層流式バイオクリーン手術室を使用して, 医器学, 51 (Suppl.), 54-56, 1981.
- 11) Lidwell, O. M. et. al. : The evaluation of fabrics in relation to their use as protective garments in nursing and surgery. II. Dispersal of skin organisms in a test chamber, J. Hyg., 81, 453-469, 1978.
- 12) 高橋泰子ほか : 手術用ガウンからの発塵に関する研究 (第3報) 木綿製ガウン20回使用までを中心として, 手術部医学, 6 (2), 287-290, 1985.
- 13) 町野 博, 三木吉治 : 環境と皮膚, からだの科学, 123, 96-100, 1985.