

【原著論文】

陸上選手のトレーニングシューズ内に生育する真菌の調査

石島 早苗^{1,2)}, 佐藤 裕哉¹⁾, 村松愛梨奈^{1,3)}, 安部 茂²⁾, 前田 眞理²⁾, 堀尾 哲也¹⁾

¹⁾ 日本体育大学体育学部

²⁾ 帝京大学医真菌研究センター

³⁾ 鈴鹿工業高等専門学校

Investigation of fungi growing in training shoes of track and field athletes

ISHIJIMA A. Sanae, SATO Yuya, MURAMATSU Erina, ABE Shigeru,
MAEDA Mari and HORIO Tetsuya

Abstract: Physical conditioning is one of the key factors of the performance of all athletes. Keeping their instruments clean and neat is essential for their optimal performance. However, they are relatively prone to be invaded by microorganisms. Sports shoes, especially, could be an ideal growing bed for microorganisms because of their warm and humid environment. Invasion and colony formation of microorganisms in sports shoes could cause not only infectious disease but also uncomfortable fume both of which could be negative factors for the performance. To understand the mechanism of microorganism contamination, it is important to understand normal flora of microorganisms in the sports shoes. In this study, we collected fungi from sports shoes of five athletes and analyzed those. We isolated 19 colonies from three of those five shoes. Isolated fungi were classified according to the shapes and colors of colonies and the hyphal morphologies. We identified the species of isolated fungi by analyzing the DNA nucleotide sequences of 8 of isolated fungi. Most of fungi we isolated turned out to be non-pathogenic and commonly found in natural or household environment. However, we did find *Trichophyton mentagrophytes*, which is considered to be one of major pathogen of Athlete's foot. None of the examinee was suffering from Athlete's foot at the time of sample collection. Therefore, it is most likely that one of the examinee picked up *Trichophyton mentagrophytes* somewhere in the way. This fact indicated that those infectious fungi could sneak into the shoes and grow for certain period in the shoes without causing disease.

要旨: すべてのスポーツ選手にとって、体力を調整し高めるためのトレーニングを行うことは、競技会で良好な成績を得るために重要な要素である。その際に、トレーニングで使用する用具類を清潔に保つことが、最良の成果を得るために必要不可欠であるが、用具類は微生物に汚染されがちである。特に、トレーニングシューズ内は、適度な温度・湿度環境のため、微生物にとって理想的な成長床になる可能性がある。トレーニングシューズ内に侵入増殖した菌は選手の健康被害の原因となるばかりでなく、不快なおい原因にもなるが、どちらも競技成績にとっては負の要素となる。これらの微生物汚染のメカニズムを理解するためには、トレーニングシューズ内の通常の微生物叢を分析することが必要である。そこで、本研究では、5人の競技者のトレーニングシューズから真菌を集めて分析した。その結果、5人中3人のトレーニングシューズから19株の真菌を得た。単離した真菌は、菌糸の形態や、コロニーの色などで分類した。また、DNAの塩基配列から種の同定を行った。得られた真菌の殆どは、非病原性で、自然界や、家庭環境で普通に見いだされる菌であることが判明した。しかしながら、足白癬の原因菌である *Trichophyton mentagrophytes* を1株検出した。サンプルを集めた際の被験者には、足白癬の感染症状が認められなかった。そこで、被験者は、どこかで、*T. mentagrophytes* をシューズ内に持ち込んだ可能性が高い。この事実は、このような感染性の真菌がシューズ内に忍び込み、疾病を引き起こすことなく一定期間生育していたことを示した。

(Received: September 1, 2020 Accepted: November 19, 2020)

Key words: sports shoes, contamination, Trichophyton

キーワード: トレーニングシューズ, 汚染真菌, 白癬菌

緒 言

アスリートの足の健康保持は競技生活に多大な影響を及ぼす可能性がある。日常使用するトレーニングシューズは、衝撃をやわらげ、外傷を防ぐ効果があるが、長時間使用する間に、汗や皮脂が付着・貯留する可能性が高い。蒸れや、臭いの原因となりやすく、菌の繁殖の場となる可能性がある。シューズ内は、足からの体温と水分で細菌・真菌の増殖に適した環境になる (Sasagawa, 2019)。これらの環境中で増殖した菌はアスリートの足に対して健康被害の原因になる可能性を持ち、将来の競技生活に影響を及ぼす可能性があると考えられる。従って、トレーニングシューズ内に生育する菌を解析することは、感染防御のための的確な除菌法を知るために重要である。

ヒトの生活環境中の真菌の生育状態に対する研究は、健康を害する病原真菌での研究が進んでいる。例えば、足白癬患者は鱗屑に付着した白癬菌を環境中に散布している (山本, 1989; 藤広, 1993; 杉本ほか, 1995; 加藤ほか, 1996; 加藤ほか, 1999; 石島ほか, 2017)。環境中に散布された白癬菌が原因で、家族が同じ遺伝子の菌に感染した症例が報告されている (杉本ほか, 1995)。また、感染経路の研究で、ホテルの客室など靴を脱ぐ環境で足に付着した白癬菌 (加藤ほか, 1999)、プールや公衆浴場を利用した直後に足裏に白癬菌が付着していた報告 (加藤ほか, 1996; 加藤ほか, 1997) などがある。足白癬患者の履物内に白癬菌が散布されていることも報告されている (Ajello and Getz, 1954; 石島ほか, 2017; Ishijima et al., 2019)。長時間足裏に付着した白癬菌を放置すると、足白癬に感染する可能性が増す。国内の足白癬患者数が減少しない (Watanabe et al., 2010) 原因として以下の三項目、1) 完治前に治療薬の塗布を止めてしまう、2) 爪白癬から白癬菌が皮膚に感染する、3) 環境中からの再感染、があげられている。環境中からの再感染には当然履物も含まれる (丸山ほか, 2003)。履物を介した真菌の感染という観点では、裸足だけでなく、靴下の足裏に付着した菌でも異なった環境中に移動させる影響は高い。すなわち、菌の多い環境中を歩いた靴下でトレーニングシューズを履くと、菌をシューズ内に持ち込み、増殖させる可能性が高いのである。さらに、トレーニングシューズから別の生活環境中へ菌を散布することにもなる。

ヒトの生活環境中には様々な真菌が息息する (高島, 2014)。風呂場などの水回りでは、黒い色素を産生する黒色真菌が良く観察される (Nishimura et al., 1987; Wang et al., 2018)。これらの、一般的には黒カビと呼ばれる仲間を含む環境真菌の感染症は日和見感染症の

症例として報告されているものもある。患者は高齢者や、他の病気での投薬が原因で、一時的に免疫力が低下した状態になったと考えられ、健常人での感染は少ないと考えられているが、健常人でもまったくリスクがないわけではない。トレーニングシューズ内に持ち込まれた菌は、健常人でも感染のリスクは常に存在することを考慮すると、シューズ内は感染防御のために、定期的に除菌するのが望ましいと考えられる。その際に、適切な除菌法を行う上で、トレーニングシューズ内に多い菌種を同定、把握することが重要だと考えられる。そこで本研究では陸上競技選手のトレーニングシューズ内の菌について調査を行った。

材料と方法

1 真菌の採取と培養

本学陸上競技部に所属する学生5名が練習で使用しているトレーニングシューズ内からテープ法で採取した (藤弘, 2007; 石島ほか, 2017)。本研究は、被験者の倫理に関わる案件であるので、日本体育大学のヒトを対象とした実験等倫理審査の審査 (第016-H028号) で承認された後に、被験者の同意のもとに行った。対象者の学生は、全員成人しており、本研究の趣旨を理解した上で協力していただいた。

採取に用いたテープは、ELISA用プレートシールMS-30020 (住友ベークライト社製) を用いた。履物の中から菌を集めるために、石島ら (2017) が既に報告した簡単な道具を作製して用いた。先端部に上記のプレートシールを添付して、履物の奥の方まで入り、集菌できるようにした。履物の中の菌を集菌後、プレートシールはその道具から切り出し、マイコセル寒天培地 (日本ベクトン・ディッキンソン株式会社製、抗生物質のクロラムフェニコールおよび、シクロヘキシミド含有) に貼り付けた。30°Cでそのまま24時間培養した後、はがして、培地のみで培養を継続し、7日間の培養後に寒天培地上の菌を目視し、コロニーを形成している真菌を新しいマイコセル寒天培地に継代し30°Cで培養を継続した。

2 真菌の同定

①菌の形態学的観察

菌の形態観察は藤弘 (2007) の方法に準じた。形成したコロニーの表面にファンギテープ (Scientific Device Lab. Inc. 社製) を押し付けて菌糸や胞子を吸着させた。スライドグラス上にMYCO PERM BLUE (Scientific Device Lab. Inc. 社製) 染色液を滴下して、その上に上記の菌糸を吸着させたファンギテープを貼り付けるようにして染色した。染色後は顕微鏡で観察

して、写真撮影した。また、ラローン (2013) の記載を参考に形態学的に分類同定した。

②単離した真菌からの DNA の抽出法

60°C に温めた糸状菌融解溶液 (25 mM EDTA, 250 mM NaCl, 0.5% SDS, 200 mM Tris-HCl buffer, pH 8.0) を 300 µl, 1.5 mL 容エッペンドルフチューブに入れた。高圧蒸気滅菌したストローの先端を斜めに切断して、そのストローで寒天培地から 3 mm×5 mm の大きさに糸状菌菌糸を切り取った。この際、培地の寒天はできるだけ切り取らないようにした。菌を準備しておいたチューブに入れて、Mini Cordless Grinder (フナコシ社製) にペッセルを装備して粉々に粉碎した。エッペンチューブにキャップロックをつけて 10 分間煮沸し、その後は氷上で冷却した。3M Sodium acetate を 150 µl 添加して攪拌し、-20°C に 10 分間静置して、その後、4°C で 12,000 rpm, 10 分間遠心分離した。上清を新しいチューブへ移し、フェノール・クロロフォルム・イソアミルアルコールを上清と同量添加し、強く攪拌した。4°C で 12,000 rpm, 5 分間遠心分離して、上清を新しいチューブへ移し、イソプロパノール (-30°C 保存) を上清と同量加え、攪拌した。4°C で 12,000 rpm, 15 分間遠心分離して、白い残渣を確認し、上清を捨てて 150 µl の 70% エタノールを加えた。4°C で 12,000 rpm, 2 分間遠心分離して、上清を捨ててバキュームを 8 分かけて乾燥させた。蒸留水 30 µl 加え、-30°C に保存した。

③糸状菌の DNA の塩基配列の決定と種の同定法

得られた DNA を鋳型として 18S と 5.8S リボソーム DNA の間に位置する ITS1 (Internal Transcribed Spacer 1) 領域の塩基配列を以下の PCR primer を用いて PCR 法で増幅した (Makimura et al., 1998)。

ITS primer sequence

#18SF1: AGGTTTCCGTAGGTGAACCT

#58SR1: TTCGCTGCGTTCCTTCATCGA

PCR の条件は、94°C, 10 分で dsDNA を解離させた後に、94°C 30 秒, 60°C 30 秒, 72°C 60 秒を 30 サイク

ル行い、その後 4°C にした。PCR 産物は QIAquick PCR Purification Kit (キアゲン社製) で精製した。

塩基配列の決定は BigDye Terminator cycle sequence 法を用いて上記 2 種類の primer でサンプルを準備し、ABI sequencer 3130 で塩基配列の決定を行った。得られた配列は SEQUENCHER v4.10.1 で両方向からの配列をアセンブルした。その結果得られた配列を NCBI (アメリカ国立生物工学情報センター) の BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) サーチで既存の真菌の塩基配列と比較し、菌種の同定を行った。

結 果

陸上競技部選手トレーニングシューズの使用歴と真菌種数

5 人の陸上競技選手の現在使用中のトレーニングシューズ内からテープ法で菌を集め培養した。調査に協力していただいた被験者のシューズの使用状況と得られた真菌の種数を Table 1 にまとめた。それによると、購入後、他 4 名の被験者が 5 か月以上洗濯せずに使用しているのに対して、被験者 4 は 1 か月前に洗濯をしていることと、被験者 5 は雨の日用とのことで、使用頻度は少なかった。これらのトレーニングシューズの使用頻度や使用目的に関連して汚れ具合も異なり、洗濯後の時間経過の少ない被験者 4 と使用頻度の少ない被験者 5 のシューズからは目立った真菌コロニーは検出されなかった。真菌が検出された他 3 人については左右合わせて 6 ~ 7 種の真菌が検出された。

トレーニングシューズ内の真菌の集菌に使用したテープは付着面を培地上に密着させ、24 時間かけて、真菌を培地へ移し取り、その後、テープを外してさらに培養を続けた。培養後 96 時間 (4 日目) でテープを貼り付けた部分に真菌のコロニーが検出され始めた (Fig. 1)。コロニー数はそれぞれの菌種によって異なり、例えば、No. 3 Left プレートに増殖した、赤い色の明らかに同じ菌と考えられるコロニーが 60 個以上検出されているが、それらを 1 菌種として、その中の

Table 1 陸上部学生のスポーツシューズ内から検出された真菌種数

被験者 No.	種目	使用期間	洗濯等	シューズの中から検出された真菌		
				右	左	合計
1	十種競技	10か月	無洗	3	3	6
2	混成競技	3週間	無洗	5	1	6
3	混成競技	5か月	無洗	2	5	7
4	混成競技	1年	洗濯後1ヵ月	0	0	0
5	跳躍競技	3年半 (雨の日用)	無洗	0	0	0

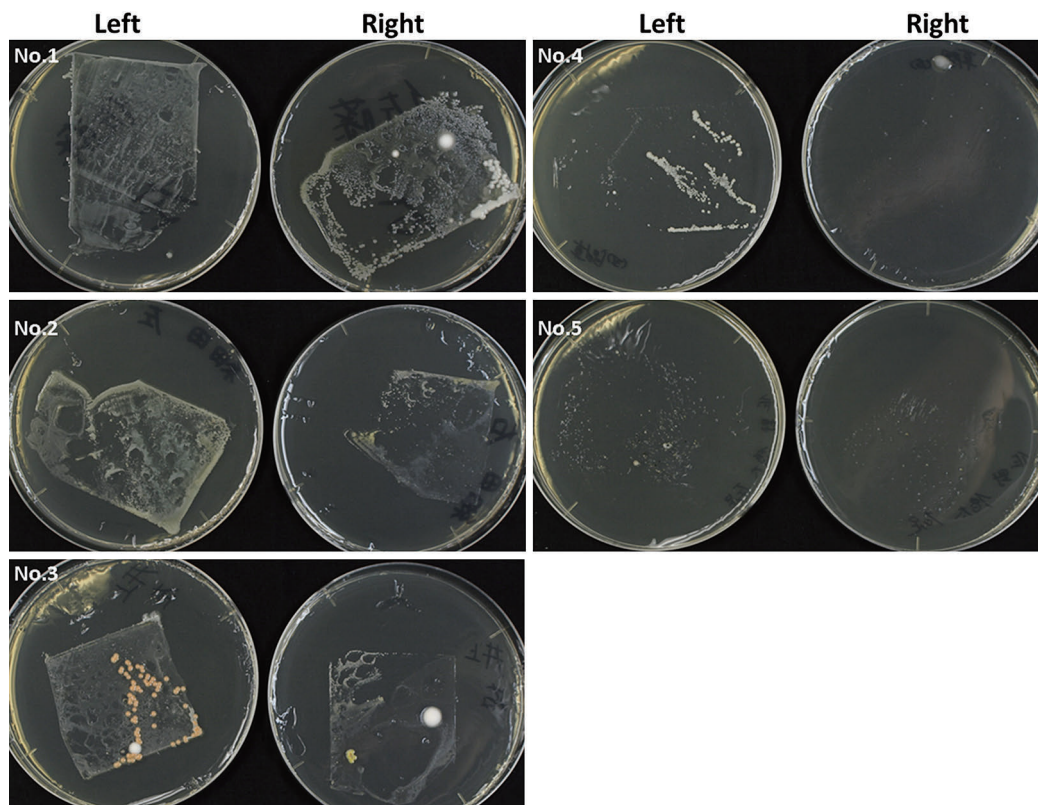


Figure 1 培養4日目の靴内の真菌コロニー形成。5人の被験者の左右両足の靴内からテープ法で集菌した。テープの集菌面をマイコセル培地に接着させて、30°Cで1日培養し、その後テープを培地からはがして、更に、3日間培養した。図内の番号は被験者番号を示し、左足靴内 (Left) と右足靴 (Right) で示した。

1コロニーを別の寒天培地に継代培養した。同様の方法で寒天培地を30°Cで1週間培養して、出現した真菌コロニーを別の培地にクローニングしたが、最終的に被験者4と被験者5では真菌のコロニーは検出されなかった。被験者4のNo. 4 Leftのトレーニングシューズについては抗生物質耐性の細菌のコロニーがわずかに検出された。

真菌のクローニングと種の同定

Fig. 1に示した寒天培地から、コロニーの色や形状が明らかに異なるものを選んで、クローニングを目的として2回新しい培地へ継代した。Fig. 2は、No. 1～No. 3のそれぞれの被験者のトレーニングシューズから得られた真菌コロニーを2種ずつ1枚のプレートに植菌した状態の写真である。3人の被験者から得られた真菌は、異なった色や形態を示していた。共通して検出されたのは、黒色真菌であった。被験者1と被験者3から得られたのNo. 1とNo. 3の寒天培地では白色の粉っぽい胞子の糸状菌が4種類検出され、それぞれのコロニーの形状が異なっていた。また、No. 3は菌種数が多く、赤色のコロニーが検出され、パームブルー染色による顕微鏡観察で、酵母であることが判明した。

単離された菌株のうち8株からDNAを抽出して、

18SrRNAをコードした遺伝子配列のITS領域での相同性から菌種の同定を行った。その結果、被験者1の白色真菌の1種類は形態学的にも遺伝子の相同性からも *Penicillium* 属の仲間であった。また、もう1株の黒色の色素を産生する糸状菌の遺伝子は、*Cyphellophora musae* と100%の相同性を示した (Fig. 3)。

被験者2については、Fig. 2のNo. 2-1からNo. 2-3にクローニングした6種類全てが黒色か、灰色(黒い色素を産生している)の真菌であった。その中からDNAの抽出と配列の決定を行えた3株のうち、1株は黒いつやのあるコロニーを形成し、DNA配列から *Exophiala alcalophila* と100%の相同性で、黒色酵母様の真菌であり、もう1株は、寒天培地上ではFig. 4下段に示した様に黒色の色素を産生する灰色のコロニーを形成した糸状菌であったが、こちらもITS領域のDNA配列は *Exophiala* sp. と100%の相同性を示し、前述の黒色酵母と同属の真菌であることが判明した。また、図中に示さなかったが、被験者2からは、黒色真菌の *Cyphellophora olivacea* と100%の相同性を示す糸状菌が得られた。

被験者3からは、Fig. 2のNo. 3-1, 3-2, 3-3, 3-4に示した様に色調的にもコロニーの形状的にも多様な真菌が検出された。その中からFig. 2, No. 3-4に示し

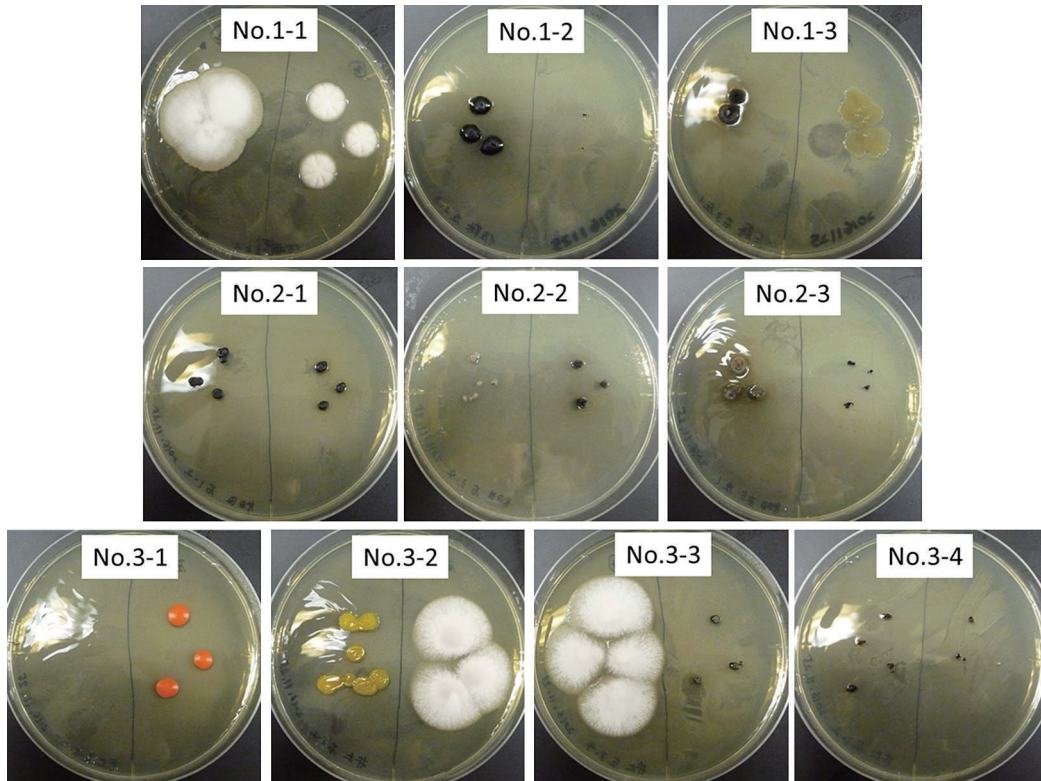
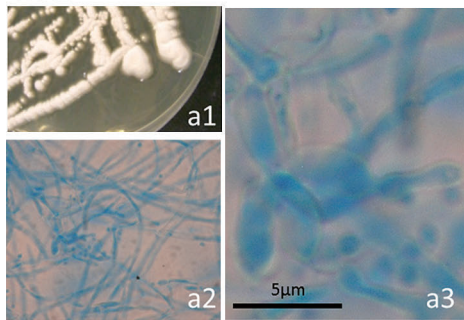


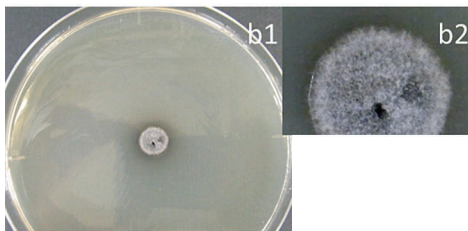
Figure 2 靴内から採取された真菌コロニーのクローニング。Fig. 1で示した寒天培地上に形成された真菌コロニーをマイクロピペットの滅菌チップ先端でかき取り、新しい培地に植えこんだ。2回の同様の操作の後、1枚のシャーレに2種類ずつ植えこんだ結果である。図内の番号はそれぞれの被験者番号と同人でのシャーレ番号を示す。

No.1



Penicillium sp.

TTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCGGAACCAAGAGATCCGTTGTTGAAAGT
 TTTAACTGATTTTTGCTTGCTAACGTTTTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCG
 GAACCAAGAGATCCGTTGTTGAAAGTTTTAACTAATTTAGCTAGTTGTCTCA
 GACTGCAACTTCAGACAGCGTTCNGAGGGGGGCTTCGGCGGGCGCGGAC
 CCGGGGGCGGATGCCCCCGGGCGGCTGGCGGGGGCCGCCGAAGCAA
 CACAGGTTCTGTGCAACACGGGTGGGAGGTTGGACCCAGAGGGCCCTCACT
 CGGTAATGATCCTTCGCAGGTTACCTACGGAAACNNNNAAATTTGGGC
 CGATCGTGGGGGGCCCGCNCNTCCGGCCTGCGCGCTAATGATCCTTCGCGAG
 GCTCACCTACGGAACCAANCNTNCCCAGGG



Cyphellophora musae

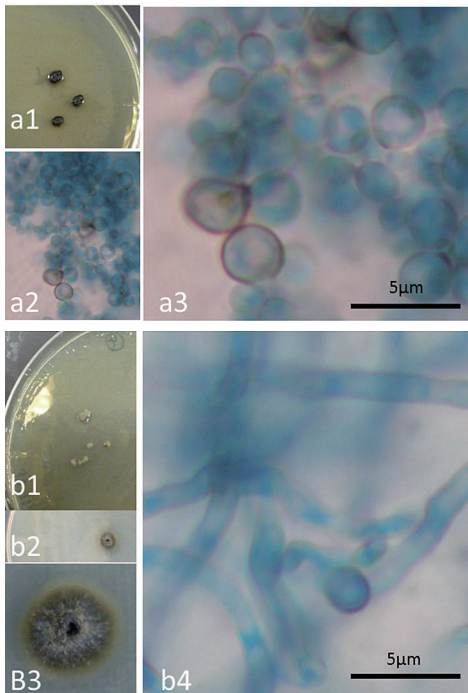
TAGTTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTACCGAGTTAGGGTCCG
 CCCCAGCGCCCCGACCTCCAACCCTTTGTCTACCTGACCAACATGTTGCTTC
 GGCAGGCCCGCCGACCCCTTCGCGGGGGGGAGGCCCGGGGGTCT
 CACGACCCCGGGCCCGCCTGTCGACGGCCCAATTAATACTCNTTGT
 AAAAAACCGTGTGCTGAGTACCACATTTAANCAAATTAATACTTTCAACA
 ACGGATCTTGTGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAAAA

Figure 3 被験者1の靴内から得られた真菌コロニー像と遺伝子解析結果。Fig. 2に示したNo. 1-1の右 (a1-3) とNo. 1-3の左 (b1, 2) のコロニーについてDNAを単離して、ITS領域の塩基配列を決定した。菌種の同定結果と、塩基配列を示した。

た黒色真菌は、コロニーの形状はつやのある増殖の遅いコロニーで、被験者2で検出された *Exophiala* と類似していたが、パームブルー染色による顕微鏡観察で、糸状菌の形態を示した。遺伝子解析の結果、*Knufia*

epidermidis と100%の相同性を示した。被験者3に関しては、上記以外に、白色の糸状菌で、遺伝子解析の結果、足白癬の主要な菌である *Trichophyton mentagrophytes* と同定された真菌と、また、前述の赤

No.2



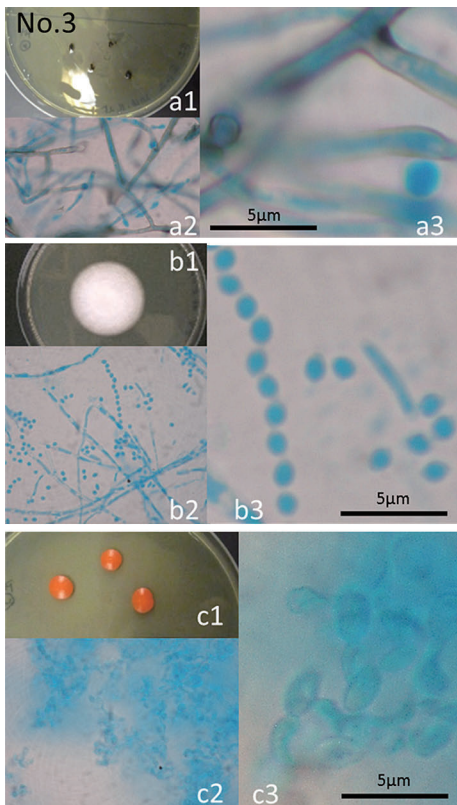
Exophiala alcalophila

TTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCAGAACCAAGAGATCCGTTGTTGAAAG
TTTTGTTTTGATTAATCAAGACTTAGGTAAGACACGATTCATACAAGAA
TTTTGAGATTTTGGGGCCATCGGCGGGCGCGGACCAGAGGACGCCGTTA
AGCGGTCCTCCGGCGGTCTGTCGTGAGACAACGGGCCCGCCGAAGCAACA
AAAGGTATAATAACAAAGGGTTGGGAGATCGGGCCAGAGGACCCTAA
CTCGGTAATGATCCTTCCGCAGGTTACCTNCGGAAACCTA

Exophiala sp.

GTCTATTGACCTCGTTGCTTCGGCGAGCCCGNCTCACGGANCGNCGGA
GGGACCTTCACCGGCCCTCTGGTCCGCGCTCGTCGGTAGCCCAACCATTA
AAATCTTTAACCAACCGTGCCTTAATCTAAGTACAATTATTAATAAAAAGCA
AAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGC
GAAA

Figure 4 被験者2の靴内から得られた真菌コロニー像と遺伝子解析結果。Fig. 2に示したNo. 2-1の右(a1-3)とNo. 2-2の左(b1-4)のコロニーについてDNAを単離して、ITS領域の塩基配列を決定した。菌種の同定結果と、塩基配列を示した。



Knufia epidermidis

TAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTACCGAGTTAGGGTT
CGTTCTGGCGGCCGACCTCCCTACCCTGTGTCTAATTTACCTTTGTTG
CTTCGGCGGACCGGTGACCAACTGGTCTCGACCGCCGGGGTTCATCC
CTGGAGAGCGTCCGCGACGGCCTAACCAAACTCTGTACCAAACC
ATGTCGTCTGAATTTACTNGATTATAATCAAAAAAAAAACAAACTTTT
AACAAACGGATCTCTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAA

Trichophyton mentagrophytes

TTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCGAACCAAGAGATCCGTTGTTGAA
AGTTTTAACTGATTTTTGCTTGCTAACGCTCAGACTGACAGCTCTTCTGA
AAGAATTTTTTGGCTGTCTCCGCGGGCGCGGTCCAGCGTTTAGC
CACTAAAGAGAGGCTCGCGAACGGCTCTCTGGGAGAGCGCGGCC
GCCGAGGCAACCGAGTAATGTAGACAAGAATGGGCGGTACGGCCGG
CGCACATCTGCTACCCCTGACGGACGTTTGGCCCTATCGTGGGGGCC
AGCTCCGGCCTGCGCGCTAAAGATCCTCCGAGGTTACCTNCGGAA
ACCAT

Rhodotorula paludigena

TAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTAGTGAATATTAGGG
CGTCCAACCTAAGTTGGAGCCCGAACTCTCACTTTCTAACCCGTGTGCATC
TGTTTCTGGTCAAGTAGCTCTCTCGGGAGTGAACGCCATTCACTTAAAAACA
CAAAGTCTATGAATGTATAAAATTTATAACAAAACAAACTTTCAACAAC
GGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAAA

Figure 5 被験者3の靴内から得られた真菌コロニー像と遺伝子解析結果。Fig. 2に示したNo. 3-1の右(c1-3), No. 3-3の左(b1-4), No. 3-4左, のコロニーについてDNAを単離して、ITS領域の塩基配列を決定した。菌種の同定結果と、塩基配列を示した。

色酵母で、*Rhodotorula paludigena* との遺伝子の相同性が100%の真菌が得られた (Fig. 5)。

本研究で5足のトレーニングシューズに付着した真菌を解析した結果、19種の真菌を検出した。これらの菌の遺伝子解析の結果7種の菌が同定された。

考 察

5人のアスリートのトレーニングシューズから真菌の検出を行った結果、3人からは多様な真菌種が検出された。3足のシューズから検出された真菌は Fig. 3～Fig. 5 に示した様に、*Exophiala*, *Knufia*, *Cyphellophora* といった黒色真菌、赤色酵母の *Rhodotorula*, 白色の糸状菌 *Penicillium*, *Trichophyton* といった菌が検出された。この中で、その亜種がヒトに感染した症例報告のある病原性真菌として報告されているものは、*Exophiala*, *Knufia*, *Cyphellophora*, *Trichophyton* である。高島 (2014) は、環境真菌として検出される真菌を室内環境と室外環境に分けて、室内環境真菌は、ヒト、ダスト、寝具、衣類、床に生息する真菌で比較的乾燥系真菌、室外環境真菌は、土壌、植物、動物体表に生息する真菌で湿性系真菌と分類した。*Exophiala*, *Knufia*, *Cyphellophora* は、屋内の浴室などの水場に多く生息する菌で (Nishimura et al., 1987; Wang et al., 2018), 一般的に黒カビと呼ばれている真菌で、湿性系を好むが、明らかに室内環境真菌であり、*Rhodotorula* (Wang et al., 2016), *Penicillium*, *Trichophyton* も室内環境真菌に分類される菌であった。陸上競技選手のトレーニングシューズは、室外環境で使用されるので、また、採取した際にシューズ内から砂が多く出てきたものもあり、土壌由来の真菌が多く検出されるのかと考えたが、実際は、室内真菌と分類されるような、ヒトの日常生活で検出される真菌が主体だと言えた。

個々の菌について着目すると、*Exophiala species* はヒトや動物の日見感染症の原因菌で、土壌や朽ちた樹木、シンクや配水管、プール、風呂場などから採取される環境真菌である (Wang et al., 2001)。*E. dermatitidis*, *E. jeanselmei*, *E. spinifera* については、ヒトでの感染が報告されているが (Wang et al., 2001), 本論文で遺伝子解析して同定した *Exophiala* 属2種についてはその限りではない。*Knufia epidermidis* は、中国の風呂の湯から高頻度で検出された (Wang et al., 2018)。また、*Cyphellophora musae*, *C. olivacea* についても家庭の水回りから検出される真菌であった (Wang et al., 2018)。

病原真菌については、今回被験者の一人の靴から白癬菌の *Trichophyton mentagrophytes* が検出された。この菌は、足白癬患者が感染している菌種の中で、*T. rubrum* に次いで2番目に多い菌である。今回の場合

は、被験者本人に水虫の自覚症状はなく、また、皮膚科専門医ではない真菌学者の観察ではあったが、足には白癬菌によると考えられる症状は見られなかったことから、今回採取された白癬菌は、靴を脱いで歩いた環境中の白癬菌が、靴下に付着して靴に混入した可能性が考えられる。しかしながら、無症候性の感染の可能性は否定できない。環境中の白癬菌の足裏を介した移送については、白癬菌患者の靴の中から、あるいは靴下から、白癬菌を検出することができた報告も含めて、既に報告がある (Ajello et al., 1954; 山本, 1989; 藤広, 1993; 杉本ほか, 1995; 加藤ほか, 1996; 加藤ほか, 1997; 加藤ほか, 1999; 石島ほか, 2017; Ishijima et al., 2019)。

以上のことを考え合わせると、陸上競技選手の足の健康を維持するために、トレーニングシューズ内の真菌を除菌して、感染防御することが重要であると示唆された。今回の調査で、検出されたコロニー数や菌種には個人差が大きいことが判明した。これは、被験者の生活スタイルに関連した環境真菌の違いを反映していると考えられる。今後さらに例数を増やして、汚染ルートについて解析する必要があると同時に、靴内汚染真菌の除菌に適した方法を確立することが必要だと考えている。

文 献

- Ajello L and Getz ME (1954) Recovery of dermatophytes from shoes and shower stalls. *J Invest Derm*, 22: 17-24.
- 藤広満智子 (1993) 足白癬患者からの白癬散布状態の検討. *真菌誌*, 34: 43-55.
- 藤広満智子 (2007) 簡便な真菌検査法. *真菌誌*, 48: 132-136.
- 石島早苗・比留間政太郎・山田 梓・安部 茂 (2017) 足白癬患者のはきものに付着した白癬菌の調査. *Med Mycol Res*, 8: 17-23.
- Ishijima SA, Hiruma M, Sekimizu K and Abe S (2019) Detection of *Trichophyton* spp. from footwear of patients with tinea pedis. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 13: 207-211.
- 加藤卓朗・木村京子・谷口裕子・丸山隆児・西岡 清 (1996) 銭湯とプール利用後の非罹患者の足底からの皮膚糸状菌の分離. *日皮会誌*, 106: 409-414.
- 加藤卓朗・木村京子・谷口裕子・丸山隆児・西岡 清 (1997) 銭湯利用後の非罹患者の足底からの皮膚糸状菌の分離 — 季節、年齢、足拭きマットの使用の有無による比較 —. *日皮会誌*, 107: 1387-1392.
- 加藤卓朗・丸山隆児・渡辺京子・谷口裕子・西岡 清 (1999) 靴を脱ぐ環境における足底への皮膚糸状菌の付着状況 — 病院、居酒屋、ホテルの客室の検討 —. *日皮会誌*, 109: 39-42.
- ラローン DH: 山口英世ほか訳 (2013) 医真菌 同定の手引き (第5版). 栄研化学株式会社

- Makimura K, Mochizuki T, Hasegawa A, Uchida K, Saito H and Yamaguchi H (1998) Phylogenetic classification of *Trichophyton mentagrophytes* complex strains based on DNA sequences of nuclear ribosomal internal transcribed spacer 1 regions. *J Clin Microbiol*, 36: 2629–2633.
- 丸山隆児・福山国太郎・加藤卓朗・杉本理恵・谷口裕子・渡邊京子・西岡 清 (2003) 白癬の感染予防. *Jpn J Med Mycol*, 44: 265–268.
- Nishimura K, Miyaji M, Taguchi H and Tanaka R (1987) Fungi in bathwater and sludge of bathroom drainpipes. 1. Frequent isolation of *Exophiala* species. *Mycopathologia* 97: 17–23.
- Sasagawa Y (2019) Internal environment of footwear is a risk factor for tinea pedis. *J Dermatology*, 46: 940–946.
- 杉本理恵・加藤卓朗・西岡 清 (1995) 家塵からの白癬菌分離によって家庭内複数感染が判明した3家庭例. *真菌誌*, 36: 291–295.
- 高島浩介 (2014) 環境真菌と生態. *Med Mycol J*, 55J: J97–J105.
- Wang X, Cai W, A. H. G. Gerrits van den Ende, Zhang J, Xie T, Xi L, Li X, Sun J and Sybren de Hoog (2018) Indoor wet cells as a habitat for melanized fungi, opportunistic pathogens on humans and other vertebrates. *Scientific Reports*, 8: 7685.
- Wang Q-M, Yurkov AM, Goker M, Lumbsch HT, Leavitt SD, Groenewald M, Theelen B, Liu X-Z, Boekhout T and Bai F-Y (2016) Phylogenetic classification of yeasts and related taxa within Pucciniomycotina. *Studies in Mycology*, 81: 149–189.
- Wang L, Yokoyama K, Miyaji M and Nishimura K (2001) Identification, classification, and phylogeny of the pathogenic species *Exophiala jeanselmei* and related species by mitochondrial cytochrome b gene analysis. *J Clin Microbiol* 39: 4462–4467.
- Watanabe S, Harada T, Hiruma M, Iozumi K, Katoh T, Mochizuki T and Naka W; Japan Foot Week Group (2010) Epidemiological survey of foot diseases in Japan: results of 30,000 foot checks by dermatologists. *J Dermatology*, 37: 397–406.
- 山本 泉 (1989) 塵埃中の白癬菌. *防菌防黴*, 17: 241–248.
-
- <連絡先>
著者名：石島早苗
住 所：神奈川県横浜市青葉区鴨志田町 1221-1
所 属：日本体育大学体育学部
E-mail アドレス：sai31912@main.teikyo-u.ac.jp