消臭抗菌繊維の介護用品への応用

水谷千代美^{*1, #}, 矢羽田明美^{*2}, 白井汪芳^{*2}, 築城寿長^{*3}, 森川英明^{*4}
梶原莞爾^{*4}, 高橋勝貞^{*5}, 重田富美子^{*5}, 黒澤宏江^{*5}, 大塚千晶^{*5}

Application of Nursing Care Using Deodorant and Antibacterial Fibers

*Chiyomi Mizutani^{*1, #}, Akemi Yahata^{*2}, Hisanaga Tsuiki^{*3}, Hideaki Morikawa^{*4}, Kanji Kajiware^{*4},
Katsusada Takahashi^{*5}, Tomoko Shigeta^{*5}, Hiroe Kurosawa^{*5}, Chiaki Otsuka^{*5}, and Hirofusa Shirai^{*2}*

^{*1} Department of Textile and Clothing, Otsuma Women's University, Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo
102-8357, Japan

^{*2} Department of Care Welfare, Shinshu Junior College, Saku University, Muraiwata, Saku, Nagano
385-0022, Japan

^{*3} Daiwabo Neu Co., Ltd., Tomizawa-cho, Chuou-ku, Tokyo 103-0006, Japan

^{*4} Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Japan

^{*5} Saku Central Hospital Health Services Facilities for the Elderly, Usuda, Saku, Nagano 384-0301, Japan

Abstract : Most of the elderly patients confined to bed suffer from the case of contracted hands and are unable to open their hands freely. Since they grasp the hands tightly all the time, the contracted hands generate foul smell like degraded aliphatic acid products and also cause the skin disease such as athlete's foot by Trichophyton. In the hospital, a rod-like tool made of soft fabric is conventionally applied to the palms of those patients to prevent from injuring the palm skin, but it does not help to suppress a foul smell generation due to an unhealthy condition of the skin. In order to solve this problem and improve the patient room environment, we applied a deodorant as well as antibacterial cotton fabric processed with iron (III) tetracarboxyphthalocyanine-processed and copper (II) tetraammine. Iron (III) tetracarboxyphthalocyanine is known as an artificial oxidase-like enzyme, and copper (II) tetraammine functions synergistically with this artificial enzyme to suppress foul smell and bacteria growth. The clinical test confirmed that foul smell from contracted hands was reduced to "very weak" by applying a hand grip made of new processed cotton fabrics after 4 days. The diseased skin (typically observed between fingers and palm) exhibited a symptom of recovery to its healthy state after 3 or 4 days, and most of the athlete's foot symptom disappeared after 1 week.

(Received 6 March, 2013 ; Accepted 26 May, 2013)

1. 緒 言

現在のわが国の65歳以上の高齢者人口は総人口に占める割合の20%に達し、超高齢化社会を迎えている。高齢化社会の進行にともなって特別養護老人ホームや老健施設などの介護施設内におけるニオイの問題が深刻となっている。白井らは生体の酸化酵素の機能に学ぶ消臭・殺菌繊維を開発[1,2]し、これを用いて尿臭、便臭、体臭などの悪臭を消除し、さらに殺菌機能も有する消臭・殺菌

繊維製品を数多く開発してきた。

特に最近、われわれはこれら介護施設における作業環境改善をめざしたニオイ対策を検討する中で、拘縮した手指から発生する強いニオイが施設環境を悪化させている原因の一つであることを知り、消臭・殺菌繊維を用いてこれらを改善できることを見出した。

脳卒中などによって手足が麻痺したり、高齢者の寝たきり状態が長時間続くことによって、筋肉や皮膚など関節周辺の軟部組織が伸縮性を失って固くなり、図1のような手指の拘縮を起こす。この場合、手をきつく握ったままの状態であるため通気性が損なわれ、汗をかきやすくなって常に掌が湿潤状態にあるためにむれて、チーズが発酵したような悪臭が発生し、さらに拘縮の程度がひどくなると、白癬菌の繁殖や真菌感染の合併症の事例も報告されている[3,4]。その対策として、茶殻パック[5]、コーヒー豆粕[6]を消臭剤として用いたハンドタオルを握

corresponding author

*1 大妻女子大学家政学部

*2 佐久大学信州短期大学部

*3 ダイワボウノイ(株)

*4 信州大学繊維学部

*5 佐久総合病院老人健康施設

Flexure contracture

Extension contracture

Fig. 1 A contracture state of hand and fingers.

らせているが、掌の臭いや白癬菌や真菌による感染は解決できないのが現状である。

本研究では、われわれが開発した消臭・殺菌機能を有する鉄フタロシアニン加工布[7]を用いたハンドタオルを試作して手指の拘縮患者に使用しその効果について検討した。

2. 実験

2.1 試料布

綿編物(よこ編み・厚さ 0.5 mm, 目付 110 g/m²)を精練・漂白した後、カチオン化剤として、50 cc/L のカチオン KCN(一方社油脂工業社製)と 15 g/L の水酸化ナトリウム水溶液との混合液 10 L に、浴比 1:10 の条件で入れ、85℃ で 45 分間反応させた。得られたカチオン化綿編物を十分に水で洗浄した後、0.5% w/w の鉄(III)フタロシアニンテトラカルボン酸[8]の水酸化ナトリウム水溶液(pH12) 10 L 中に浸し、80℃ で 30 分間攪拌処理した後、酸で中和した。得られた綿編物を十分に水で洗浄して乾燥し、鉄(III)フタロシアニン加工布を得た[9]。さらに、この加工布を硫酸銅(II)5 水和物 4g をアンモニア水溶液(15 cc/L) 1L に溶かした水溶液に投入し 30℃ で 20 分間攪拌した後、十分に水洗、乾燥し、鉄フタロシアニン銅(II)アンモニア錯体加工布(銅含有量 0.3 wt%) (以下鉄フタロシアニン銅加工布)を得た。

2.2 消臭効果の判定方法

手指の拘縮部から発生する悪臭は、皮膚から分泌される皮脂が酸化分解して生じる低級脂肪酸と、汗中の尿素や尿酸が分解して生じたアンモニアが主成分と考えられることから、酢酸とアンモニアをモデル臭気としてそれぞれ用いた。消臭効果は、5L のテドラーバック(アズワン社製)に試料布(1g)を入れ、続いて酢酸、またはアンモニアガス 3L を規定濃度入れ、一定時間経過後、テドラーバックの中のガス濃度を気体採取器(GV100S, ガステック社製)とガス検知管を用い、バッグ中の気体 100 mL を分取して残留ガス濃度を測定した。ガス残存率は以下の式により算出した。

$$\text{悪臭依存率} = \frac{\text{試料投入後の悪臭残存率(ppm)}}{\text{ブランクの悪臭濃度(ppm)}} \times 100$$

2.3 抗菌効果の測定

抗菌性試験は、JIS L1902 の菌液吸取法に準じて、黄色ぶどう球菌 *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538P) に対する抗菌性を調べた。黄色ぶどう球菌に対しては混濁平板培養法により生菌数を測定した。静菌活性値は、次式で算出した。

$$\text{静菌活性値} = (Mb - Ma) - (Mc - Mo)$$

ここで、Mb - Ma は基準布(綿)の培養 18 時間前後の生菌数の常用対数値の差、Mc - Mo は試験布の培養 18 時間前後の生菌数の常用対数値の差である。

2.4 ハンドクリップの作製

手指の拘縮対策のために、鉄フタロシアニン加工布および鉄フタロシアニン銅加工布を用いたハンドクリップを作製した(図 2)。

Fig. 2 Design of hand clip.

ハンドクリップは、掌と接触する握り部と手および指を巻き付ける帯部から成る。握り部は、編地の縦約 13 cm, 横 5.5 cm の長方形の袋状物に、手の拘縮予防のためにクッション体として低反発ウレタンフォームを入れた。一方、帯は、長さ 21 cm, 幅 4 cm の短冊状を握り部の上下に 2 本、右側に 4 本取り付け付けた。上下の帯を手の甲に固定し、右側の帯 4 本を指に装着した(図 2)。このハンドクリップが、実際に消臭や皮膚疾患に効果があるのかを調べるために 2.5 に示した施設にて臨床テストを行った。

2.5 臨床テスト

臨床テストは、平成 22 年 3~8 月の間、佐久総合病院老人健康施設(長野県佐久市)にて、手指の拘縮がある患者男女 3 名(75 から 83 歳)にハンドクリップを使用した。また、平成 22 年 9 月 14 日~9 月 21 日の 8 日間、三井陽光苑(東京都江東区)にて手指拘縮のある患者 女性 5 名(90 から 100 歳)に対して臨床テストを行った。

両施設において、手指拘縮のある患者にハンドクリップを握らせ発生する臭気と皮膚患部の状態の変化を比較・観察した。臭気は 6 段階臭気強度表示法[10](0: 無臭 1: やっと感知できる臭い 2: 何の臭いか判る弱い臭い 3: 楽に感知できる臭い 4: 強い臭い 5: 強烈な臭い)によって、臭いの強さを、9 段階不快不快度表示法(-4: 極端に不快 -3: 非常に不快 -2: 不快 -1: やや不快 0: 快でも不快でもない 1: やや快 2: 快 3: 非常に快 4: 極端に快)によって、快・不快度を T&T オルファクトメータ試薬による嗅覚テスト[10]に合格したスタッフおよび学生合計 5 名の感覚によって調べた。

皮膚患部の状態は 5 段階(0: 良好 1: 患部の赤みが消えている 2: 患部の皮膚が再生している 3: 患部が乾燥して

いる4:患部が湿潤している5:患部が湿潤し、ひどく膿んでいる)に分けて目視により評価した。この際、被験者の拘縮度合いによってハンドクリップの握り部のクッションの量を調整した。装着後、握っていたハンドクリップを外し、手およびハンドクリップの臭いを嗅ぎ、皮膚患部の状態を写真撮影した。

3. 結果と考察

3.1 消臭効果

手指の拘縮患者は、拘縮によって手を強く握っているために発汗し常に湿潤状態にあり、皮膚患部から生じた汗の成分が分解したアンモニアおよび皮脂の酸化による酢酸、酪酸、イソ吉草酸など低級脂肪酸等の臭いを発する。本実験では、汗由来のアンモニアと皮脂由来の低級脂肪酸のモデル物質として酢酸を用い、鉄フタロシアニン加工布および鉄フタロシアニン銅加工布の消臭効果を調べた。テドラーバッグ中で初濃度 100 ppm のこれら試料布によるアンモニアガスの消除比(%)の時間変化を図3に示した。その結果、鉄フタロシアニン加工布のアンモニアガスの消除比は、測定時間内で常に未処理綿よりも高く消臭効果は低かった。これはカチオン化された綿繊維表面とアンモニウムカチオンとが静電反発したためと考えられる。本実験の処理条件下では、反応液中に残存する鉄フタロシアニン量から鉄フタロシアニン加工綿

繊維のセルロース OH100 残基につき鉄フタロシアニンテトラカルボン酸 1 分子が吸着されたことになる。この場合の僅かな消臭効果の発現は、鉄フタロシアニンテトラカルボン酸中の -COO^- と NH_4^+ がイオン結合して -COONH_4 塩を形成したためと考えられる。鉄フタロシアニン加工布にさらに銅(II)イオンを反応させた鉄フタロシアニン銅加工布の場合、約 5 分後に 75% のアンモニアガスが消除され高い消臭効果を示した。セルロースと銅(II)アンミン錯体の反応ではセルロース中の OH 基に銅イオンが配位する。たとえば図4中の(1)のような銅錯体を形成することは古くから知られている[11]。これが[1]式に示すようにアンモニアガスと配位子交換し(2)を形成する[12,13]ために、鉄フタロシアニンテトラカルボン酸のカルボキシル基とアンモニウムイオンの中和反応も加わって高い消臭効果が発現したと思われる。

次に、初期濃度 37 ppm の酢酸臭に対する試料布の消臭効果を調べた結果を図5に示す。いずれの試料においても約 5 分で 95% 程度、40 分で検出限界以下になり高い消臭効果が見られた。特に鉄フタロシアニン銅の場合 5 分後の消臭率、消臭速度ともに最も高かった。これは、セルロースに結合した銅イオンと酢酸が配位子交換して酢酸銅(II)を形成したためと考えられる。以上、鉄フタロシアニン銅加工布は、アンモニアおよび酢酸に対し最も優れた消臭効果を示すことがわかった。

Fig. 3 Time dependence of concentration of ammonia absorbed by sample fabrics.

Fig. 5 Time dependence of concentration of acetic acid absorbed by sample fabrics.

Fig. 4 Chemical reaction.

Table. 1 Comparison of living bacteria before/after incubation for various samples.

Sample	Incubation time (hr)	A number of living bacteria (number)	Activity of bacteriostasis
Untreated	18	7.6×10^6	-
Phthalocyanine - processed	0	9.6×10^3	2.7
	18	6.4×10^3	
Phthalocyanine-processed with copper	0	8.0×10^3	3.7
	18	5.0×10^2	

3.2 抗菌性評価

人体の皮膚表面に生息する細菌には、善玉菌と悪玉菌が存在する。表皮ブドウ球菌のような善玉菌は汗の成分を分解して肌の保湿の役割をするのに対して、黄色ブドウ球菌のような悪玉菌は汗中の極少量の尿素を分解し、アンモニア臭を発生する[14]。皮膚表面には黄色ブドウ球菌が多く存在することが知られている[15]ことから、鉄フタロシアニン加工布と鉄フタロシアニン銅加工布の黄色ブドウ球菌に対する抗菌性を調べ、黄色ブドウ球菌の生菌数と静菌活性値を表1に示した。鉄フタロシアニン加工布と鉄フタロシアニン銅加工布の静菌活性値は、いずれも防臭加工の評価基準である静菌活性値2.2以上を示した。特に鉄フタロシアニン銅加工布は、静菌活性値3.7を示し、生菌数は鉄フタロシアニン加工布の約1/10に減少し高い抗菌性を有することがわかった。

3.3 臨床テスト

手指の拘縮により皮膚疾患と臭気を発する患者に対して、ハンドクリップを使用し、においおよび手指の皮膚の状態変化を調べた。最初に佐久総合病院にて平成22年3～4月の間、手の拘縮患者に対し鉄フタロシアニン加工布を用いたハンドクリップを使用した。皮膚疾患の程度は個人差があるが比較的手の拘縮がきつい患者3人に対して、約7～10日の間、ハンドクリップを使用した。その中でも特に手の拘縮がきつく皮膚疾患がひどい人に対してハンドクリップ使用前後の皮膚疾患の変化を比較し図6に示した。図のように拘縮によって手を長時間握ったままの状態にあるので発汗によって湿潤し、通気性が

Fig. 6 Change of shin disease of the palm before and after using the grip rod.

悪いため掌に白癬菌が繁殖し、皮膚疾患の原因になっていることが皮膚科医の診断で判明した。この患者に対してハンドクリップを8日間継続使用すると、皮膚疾患が健康な皮膚状態に回復したことがわかった。また、手の拘縮患者3人ともハンドグリップを使用したことによって約7～8日で健康な皮膚状態に回復した。

次に鉄フタロシアニン銅加工布を用いたハンドクリップを同様に手指の拘縮患者に使用した。手の拘縮が多く見られる部分は、汗によってアルカリ性を示す傾向にあった。本来、健康な皮膚のpHは弱酸性で、アルカリ性になると皮膚表面に存在する黄色ぶどう球菌が増殖することが報告されている[16]。手指の拘縮患者の皮膚疾患の原因は白癬菌であるが、手の拘縮患者の掌は皮膚のpHの変化によって白癬菌や黄色ぶどう球菌が増殖するものと推定される。

高い抗菌性を示した鉄フタロシアニン銅加工布を用いたハンドクリップを皮膚疾患が多くみられる患者に使用し、皮膚状態の変化を調べた。図7に代表的皮膚疾患部の変化を示す。本加工布を直接、手指拘縮患者の患部に接触させることによって、3～4日でほぼ健康な状態に回復し、約1週間で完全に回復することがわかった。この場合、湿潤していた皮膚が乾燥状態になり、その後皮膚が再生して疾患部の赤みが消え、健康な皮膚状態に回復し治癒速度が高まることが観察された。これは抗菌作用のあるカチオン化繊維素材にさらに金属フタロシアニン誘導体と銅セルロース錯体が担持されているため、さらに強い抗菌性が発現したものと考えられる。

次に、鉄フタロシアニン銅加工布を用いたハンドクリップを使用した場合の手の臭いの変化を観察した。臭いの評価はT&Tオルファクトメータ試薬による基準嗅覚検査に合格したモニターによって快・不快度および臭気強度を調べた。拘縮患者5名の手の臭いの変化の平均値を図8、

Fig. 7 Change of the skin disease among fingers using the hand grip made of phthalocyanin -processed fabrics with copper.

Fig. 8 Change in sensitivity of the strength degree of hand smell.

Fig. 9 Change in the degree of pleasant/unpleasant of the hand smell.

9に示した。拘縮患者の手からは皮脂に由来のチーズが発酵したようなにおいが発生し大半のモニターが「やや不快」と判定した。ハンドクリップを使用して皮膚患部が治癒する3~4日目、「快でも不快でもない」程度に臭いは緩和され、さらに8日で完全に「無臭」と判定され、被験者も臭いを感じなくなったと判定した。一方、においの強さは、4日目「感知できる程度」となり、8日目には完全に「無臭」と判断された。以上、拘縮に起因する臭気は、日々改善されて4日目にはほとんど臭わないレベルまで低減され、1週間後には無臭のレベルまで達することが臨床テストでも明らかになった。

謝 辞

本研究は文部科学省科学研究費基盤研究(B)課題番号22300249の補助により進められたものである。ここに付記して謝意を表します。

文 献

1. M. Kimura and H. Shirai, "The Porphyrin Handbook" (K. M. Kardish, K. M. Smith and R. Guillard, Eds) Vol.19, Academic Press, p.151 (2003).
2. H. Shirai, *Sen'i Gakkaishi*, **50**, 194 (1994).
3. T. Tajima, *J. Clinical Rehabilitation*, **5**, 143 (1966).
4. K. Sawano., *Odor. J. Soc. Cosmet. Chem. Jpn.*, **27**, 227 (1993).
5. J. Tanabe, A. Toyama, A. Sekiya and K. Morita, *A Japanese Medical Management Society*, **8**, 120 (2009).
6. A. Araki, R. Mori, M. Baba and K. Sunagawa, *Journal of Nagasaki Society Nursing*, **1**, 27 (2007).
7. H. Shirai, *Nippon Kagaku Kaishi*, **1994**, 1
8. H. Shirai, A. Maruyama, K. Kobayashi, N. Hojo and K. Urashido, *Makromol.Chem.*, **181**, 575 (1980).
9. H. Tsuiki, E. Masuda, T. Koyama, K. Hanabusa, H. Shirai, N. Kobayashi, N. Minamida, Y. Komatsu and T. Yakozaki, *Polymer*, **37**, 3637 (1996).
10. F. Motokizawa, "Chemistry of a Smell", Rikogakusha, p.39 (1998).
11. I. Miyamoto, Dissertation of Kananazawa University (1997).
12. T. Suzuki, H. Shirai, S. Tokuoka and N. Hojo, *Polymer*, **24**, 335 (1983).
13. B. Chin, T. Koyama, K. Hanabusa and H. Shirai, *Sen'i Gakkaishi*, **51**, 176 (1995).
14. J. Leyden, *J. Invest Dermatol*, **77**, 413 (1981).
15. F. Otsuka, "Dermatology", Kinpodo, p.773 (2011).
16. A. Tanaka, T. Taka, H. Suzuki, K. Ishii, K. Kameyoshi, and M. Hide, *Exp Dermatol*, **15**, 283, (2006).