報 告

絶縁電気鍼の開発に関する研究

中島芳訓

中和鍼灸専門学校

Study on Acupuncture Needles Insulated by Coating Films

Yoshihiro NAKASHIMA

Cywu Professional School of Acupuncture

A b s t r a c t

To develop an insulated acupuncture needle with low resistance that causes little pain, insulated needles for acupuncture were prepared by electrodeposition of acrylic coatings such as acrylic/fluorine, acrylic/melamine, acrylic/urethane, and acrylic/epoxy resins. Wettability of these needles and resistance to insertion into muscle model (PVA Hydro-gel, Oil dispersed hydro-gel, and Pig muscle) and human tissue were investigated. Wettability of these coating films was estimated from contact angles of water droplets on the film coating. Resistance to insertion of these needles into Hydro-gel gradually increased with increases in their contact angles. Oil dispersed hydro-gel and Pig muscle showed inverse results. When these needles were inserted into human tissue, the acrylic/fluorine coated needle showed the least resistance and patients felt almost no pain.

Key words : acupuncture needle, acrylic resin coating, electrodeposition coating, wettability, inserted resistance

1. はじめに

現在用いられている絶縁電気鍼は、ステンレス、金、銀などの非絶縁鍼に比較して刺入抵抗が大きいため、刺鍼時にかなりの痛みをとまう（筆者らが中和鍼灸専門学校の学生25人について市販の絶縁電気鍼の刺入時の痛みを調査した結果、25人中18人が痛みを訴えた）。それゆえ、刺鍼時に刺入抵抗が少なく、痛みの少ない鍼を開発することは、患者の苦痛の軽減という点から重要である。しかし、絶縁電気鍼に関する臨床使用例の報告¹⁻³⁾はあるが、このような観点から絶縁電気鍼のコー

ティング樹脂組成と刺入性に関する研究を行なった報告はMEDLINEで検索した限り見当たらなかった。

このことから、筆者らは刺入抵抗の小さい、痛みのないコーティング鍼を開発するための基礎実験として、筋肉モデル（ハイドロゲル、オイル分散ハイドロゲル、豚肉）材料の作製ならびに樹脂組成の異なった塗料を用いたコーティング針を試作し、これらのコーティング膜の濡れ性と針の刺入抵抗の関係などについて検討した。

2. 方 法

(1) 筋肉モデル材料

1) ハイドロゲルの作製法⁴⁾

ポリビニルアルコール (Polyvinyl alcohol : PVA)、日本合成 (株) 製 “ゴーゼノール” NL-05 (粘度: 4.6 ~ 6.0cps、ケン化度: 98.5%以上) を熱水に溶解し、15%水溶液を作った。この溶液を-20℃で8時間凍結後、12時間室温に放置して解凍し、これを1サイクルとして6~8サイクル行なって作製した。

2) オイル分散ハイドロゲルの作製法

PVAを熱水に溶解して15%水溶液を作り、この溶液にソルビタンモノオレエート 1 g, サラダ油 6 gを加えて、超音波攪拌機で30分攪拌して乳化液を調製した。この溶液をハイドロゲルの作製法と同様の操作により-20℃で凍結・融解を繰り返してゲルを作製した。

3) 豚 肉

市販の豚のもも肉 (厚さ: 3 cm×縦: 3 cm×横: 3 cm) を使用した。

(2) ゲルの電子顕微鏡観察

円筒形ゲルを縦に切断し、断片を環境制御型電子顕微鏡 (ESEM-20型、ニコン(株)製) の試料室にそのまま入れ、表面を観察した。

(3) コーティング針の作製法

セイリン社製ディスプレイザブル鍼 (Lタイプ) 50ミリ20号鍼、Schmezz 社製工業用ミシン針 (Canu; 14: 25EB、Nm: 100/16) を用いて表2に示す塗装条件で、樹脂組成の異なった4種類の塗料を電着塗装法⁵⁾によりコーティングした。

(4) 濡れ性の測定

濡れ性は水またはサラダ油の接触角で評価した。測定はコーティングした試験板に置いた5 μ lの液滴20個を同軸落射照明下の接写テレビカメラで撮影し、接続したニレコ(株) “ルーゼックス5000X” コンピュータ画像解析システムを使って一画素対応長0.02mmの精度で行なった。それぞれの試料において20個の上方向観察液滴径 (円相

当径) を測定し、平均値を求めて立体幾何学的に接触角 (θ) 値を算出した。

(5) 刺入抵抗の測定

1) 筋肉モデル材料での刺入抵抗の測定

カトーテック社製KES圧縮試験機を用い、ハイドロゲル、オイル分散ハイドロゲルおよび豚肉へ4種類の塗料をコーティングしたミシン針を刺入し、その刺入抵抗を測定した。測定は刺入の深さ2 cm、刺入速度8 mm/秒で行なった。

2) 人体への刺入抵抗

コーティング鍼 (50ミリ20号鍼) 4種類と市販絶縁鍼 (ユニコST、50ミリ22号鍼) を人体へ刺入した時の刺入抵抗感を調べた。刺入部位は第3腰椎の外方5 cmで、直径1 cmの円内に、深さ1 cm刺入を15分間隔で3回行なった。被験者への刺入は同一人が行ない、鍼の種類は知らせずに行なった。評価方法は、① 刺入者の抵抗感、② 被験者の抵抗感と痛みを表4に示す方法で5段階評価した。

3. 結果および考察

(1) 筋肉モデル材料

針刺入用の筋肉モデル材料はハイドロゲル、オイル分散ハイドロゲル、豚肉を用いた。ハイドロゲルは15%PVA水溶液を凍結と融解を6~8回繰り返して作製した。得られたハイドロゲルは表1に示すように、化学的架橋を一切施していないにもかかわらず、含水率85%で、硬さ、引張り強さ、伸びなどはほぼゴム類似の物性値を示し、手による感触も成人の筋肉に近い硬さと弾性を持っている。また、23℃、50%湿度下で24時間放置後も82%の高い含水状態を保持している。しかし、ゲルの生成機構は明らかでない。そこで、筆者らはゲル中の水の状態を明らかにするため、環境型電子顕微鏡 (ニコン製) によりゲルの切断面を観察した (図1)。ゲル表面から水分の蒸発した痕跡が認められたが、均一な表面状態を保持していることから、ゲルの生成は玄⁶⁾らが提案したようなPVAの微結晶が強固な三次元網目構造を構築し、その隙間を水が満たしたハイドロゲルであると推察される。また、筋肉は主としてアクチンおよび

表1 ハイドロゲル¹⁾、オイル分散ハイドロゲルの物性値

試験項目	ハイドロゲルA	ハイドロゲルB	オイル分散ハイドロゲル
硬さ (SRIS TYPE C) ²⁾	15	20	13
引張強さ (kgf/cm ²) ³⁾	1.9	---	---
伸び (%) ⁴⁾	99	---	---
含水率 (%)	85	85	82
安定性 (%) ⁵⁾	-18	-16	-18

1) A: 6 サイクル材料、B: 8 サイクル材料

2) SRIS 0101規格

3)、4) JIS K 6301、200mm/min

5) 23℃、24時間後の重量変化

図1 ハイドロゲルの電子顕微鏡写真 (倍率: 1850倍)
円筒形試料ゲルを縦に切断し、断面を垂直方向から撮った写真。

表2 コーティング針の作製法

	S-1	S-2	S-3	S-4
塗料の種類	アクリル/フッ素系	アクリル/メラミン系	アクリル/ウレタン系	アクリル/エポキシ系
電着塗料のタイプ	アニオン型	アニオン型	カチオン型	アニオン型
電着条件	15V、1分	65V、1分	10V、1分	18V、1分
予備乾燥 (℃)	100℃、10分	左 同	左 同	左 同
焼付温度 (℃)	180℃、30分	左 同	左 同	左 同

図2 コーティング針の断面写真

鍼体を樹脂中に埋め込み中心部分を切断して撮った写真。
左上部は針を垂直に埋め込むためのガイド。針の右部は切断時のバリ。

表3 塗膜の物性値¹⁾

	S-1	S-2	S-3	S-4
塗膜厚(μ)	5	5	5	5
塗膜の密着性 ²⁾	100/100	100/100	100/100	100/100
屈曲性 ³⁾	ワレ、ハガレなし	ワレ、ハガレなし	ワレ、ハガレなし	ワレ、ハガレなし
接触角(水) ⁴⁾	107	78	82	83
接触角(サラダ油) ⁴⁾	48	13	14	12

1) 3枚の試験片で行った平均値。

2) クロスカット試験 1 mm²×100個の残存個数、ステンレス板コーティング塗膜で測定。

3) 3 mmφ 屈曲、ステンレス板コーティング塗膜で測定。

4) 名工研法、ステンレス板コーティング塗膜で測定。

ミオシンからなるタンパク質に脂肪が分散している
ハイドロゲルと考えられるので、ハイドロゲル
にオイルを安定に分散したオイル分散ハイドロゲル
を作製した。さらに、生体材料として脂肪分が
少なく、筋肉組織が発達した豚のもも肉を選んだ。

これは死体であるため、変性などによる組織の構
造変化があるとは言うものの、刺入用の筋肉モデ
ルとして最適の材料であると思われる。

(2) コーティング針の作製と基本性能

針へのコーティングは4種類の変性アクリル樹脂塗料を使用し、電着塗装法により行なった。この塗装法は塗料樹脂をアニオン型またはカチオン型として水中に分散させ、電気メッキと同じ方法で金属面に析出させるもので、電圧の制御により非常に均一な膜厚のコーティングができる。表3に示すように、各コーティング針の膜厚は $5\mu\text{m}$ で、均一に塗着されており(図2)、別途に塗装し、焼付けした試験鋼板の塗膜の密着性もクロスカット試験が100/100、また $\phi 3\text{mm}$ 、180度の屈曲試験でもワレ、ハガレがなく、すぐれた塗膜性能を有している。また、これらの塗膜は絶縁性に優れ、5N塩酸、5W%水酸化ナトリウム、アセトンなどの薬品にも優れた耐性を有している。

一方、作製したコーティング針の濡れ性は試験鋼板にコーティングした塗膜上に水またはサラダ油を滴下したときの液滴の接触角で評価した。通

常、接触角がゼロのとき、その表面は完全に液体に濡れ、接触角が 180° では完全に液体をはじく。表3からも明らかなように、水、油に対してアクリル/フッ素系は接触角がそれぞれ 107° 、 48° で最も撥水性と撥油性を示すのに対してアクリル/ウレタン系、アクリル/エポキシ系およびアクリル/メラミン系は若干親水性、親油性である。これらの結果は、化学的に変性したアクリル樹脂表面の化学構造をよく反映しており、種々のポリマー表面について知られている濡れ性^{7,8)}と一致する。

(3) 筋肉モデル材料への刺入抵抗

ハイドロゲル、オイル分散ハイドロゲル、豚肉への刺入抵抗の測定は、工業用ミシン針の布貫通試験に用いられているKES圧縮試験機により行なった。図3は4種類の塗料をコーティングした工業用ミシン針を筋肉モデル材料へ、刺入の深さ2

図3 コーティングしたミシン針の濡れ性と4種類のモデルへの刺入抵抗の関係

図4 刺入モデル
疎水性相互作用により、油が針表面に付着し、潤滑作用により抵抗が小さくなる。

表4 人体への刺入抵抗の評価¹⁾

コーティング剤	刺入者の 抵抗感 ²⁾	被験者の抵抗感と痛み感 ³⁾				
		20才（男）	26才（男）	62才（男）	28才（女）	30才（女）
アクリル／フッ素系	5	5	5	5	5	5
アクリル／メラミン系	3	2	4	3	4	3
アクリル／ウレタン系	3	4	4	4	1	3
アクリル／エポキシ系	3	2	3	3	4	3
市販絶縁剤	2	2	4	3	1	2

[刺入抵抗の評価方法]

1) 15分間隔で所定円内に3回刺入した抵抗感の平均値で、小数点以下は四捨五入した。

2) 刺入者の抵抗感

5：非常にスムーズに刺入できる 4：スムーズに刺入できる 3：若干の抵抗感がある
2：かなりの抵抗感がある 1：刺入不能

3) 被験者の抵抗感

5：抵抗感なく、殆ど痛みはない 4：若干抵抗感はあるが、痛みはない 3：若干の抵抗感と痛みがある
2：抵抗感と痛みがある 1：刺入不能

cm、刺入速度8mm/秒で刺入したときの刺入抵抗(grf)を水の接触角(θ)に対してプロットしたものである。ハイドロゲルは接触角が大きくなるとともに刺入抵抗が大きくなるが、オイル分散ハイドロゲル、豚肉は逆の傾向を示し、抵抗値もハイドロゲルの約1/3～1/4である。これはモデル材料における水の存在状態や針との界面における摩擦抵抗および針の水に対する濡れ性が大きく関与することを示唆している。例えば、S-1を

コーティングした針の表面は疎水性が大きく、水との反発によりハイドロゲルへの刺入抵抗が大きくなっているものと考えられる。一方、豚肉およびサラダ油を分散したハイドロゲルは豚肉中の脂肪、あるいはハイドロゲル中の油が潤滑剂的な作用をし、特に撥水、撥油性表面のS-1コーティング針は図4のように効果的に作用しているものと考えられる。

(4) 人体への刺入抵抗

4種類のコーティング鍼(50ミリ20号鍼)と市販絶縁鍼を用いて、刺入実験を行なった。被験者は年令の異なった男子3名と女子2名を選んだ。刺入抵抗の評価は刺入者と被験者それぞれについてできるだけ正確な評価を得るため、被験者への刺入は同一人が行ない、鍼の種類は知らせないようにした。各コーティング鍼について得られた刺入者と被験者の刺入抵抗感を表4に示す。刺入者の抵抗感はアクリル/フッ素系の鍼が最もすぐれた特性を示した。アクリル/メラミン系、アクリル/ウレタン系およびアクリル/エポキシ系の鍼はいずれも若干の抵抗感がある。また、市販絶縁鍼はかなりの抵抗感があり、最も刺入性が劣る。一方、被験者の抵抗感はアクリル/フッ素系の鍼が最も刺入抵抗感がなく、ほとんど痛みのない、すぐれた刺入性を示すのに対して、他の鍼は刺入抵抗感と痛みについて、かなり個人差が認められた。このことはアクリル/フッ素系が他の材料に比較して撥油性と撥水性が大きいことと人体中の脂肪が図4の刺入モデルのように油滴の状態で一様に分散していることが刺入抵抗を小さくしていると思われる。

4. おわりに

これまで鍼刺激による治療効果については数多くの研究がなされてきたが、これらに使用する鍼はステンレス、金、銀などの非絶縁鍼が殆どであり、絶縁電気鍼を使用した治療報告はMEDLINEで1980年以降を検索した限り見当たらない。さらに、絶縁鍼そのものの開発と刺入特性などに関する報告も殆ど見られなかった。本稿では刺入抵抗が小さく、痛みのない鍼の開発を目的として試作絶縁鍼の塗料樹脂組成と筋肉モデル材料および人体への刺入抵抗について検討した結果、鍼表面の濡れ性と刺入性の関係を明らかにすることができた。その中で、アクリル/フッ素系絶縁鍼は人体への刺入抵抗が極めて小さく、痛みも殆どないことを見出した。通常、痛みは痛む本人の主観的な感覚の訴えであり、数値や画像などによる客観化はむずかしい。しかし、今回の刺入実験では、筆者らの評価方法で5人の被験者がアクリル/フッ

素系絶縁鍼に対して一致した評価をしていることから、一応所期の目的は達成できたものと考ええる。

謝 辞

本研究を行なうに当たり助言をいただきました中和鍼灸専門学校・楠本高紀先生ならびに研究に協力いただいた西野公也、川村研次、田中孝典氏に感謝いたします。また、本研究について助言と協力をいただきました名古屋市工業研究所高分子部・舟橋弘幸博士、福田博行博士、(株)シミズ技術部長・服田正雄氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 右田一弘、楠本高紀：絶縁電気鍼の可能性について—筋疲労の回復からのアプローチ、東洋療法学校協会学会誌、13：23-28、1989.
- 2) 川喜田健司、岩瀬善彦、三浦敏彦：深部痛覚閾値の測定方法について、明治鍼灸医学、4：51-58、1988.
- 3) 川喜田健司、倉田勝行：絶縁鍼灸鍼の開発とその基礎、臨床研究への応用、医道の日本、536：13-19、1989.
- 4) 南部昌生：高含水ゴム、高分子加工、32(11)：19-27、1983.
- 5) 山内愛造、広川能嗣：機能性ゲル、共立出版、28-30、1996.
- 6) 服田正雄：新電着塗装法；エレコートプロセス、塗装と塗料、500：47-57、1992.
- 7) 吉田時行、進藤信一、大垣忠義、他：界面活性剤ハンドブック、工学図書、201-210、1987.
- 8) 日本化学会編：実験化学講座；界面化学、丸善、92-98、1956.

要 旨

刺入抵抗の小さい、痛みのない絶縁電気鍼を開発するため、アクリル／フッ素系塗料 (S-1)、アクリル／メラミン系塗料 (S-2)、アクリル／ウレタン系塗料 (S-3)、アクリル／エポキシ系塗料 (S-4) でコートした4種類の絶縁針を試作した。これらの針の濡れ性と筋肉モデル (ハイドロゲル、オイル分散ハイドロゲル、豚肉) への刺入抵抗について検討した。これらの塗膜の濡れ性は塗膜上に滴下した水滴の接触角で評価した。接触角は次のような順序で大きい値であった: S-1 (107°) > S-3 (83°) > S-4 (82°) > S-2 (78°)。ハイドロゲルへのこれらの針の刺入抵抗は接触角が大きくなるとともに増大した。逆に、オイル分散ハイドロゲル、豚肉は逆に接触角が大きくなるにしたがい刺入抵抗は小さくなった。また、これらの鍼の人体への刺入抵抗は S-1 が最も小さく、痛みが無く、スムーズに刺入できた。他の鍼は刺入抵抗と痛み個人差があった。一方、市販絶縁鍼はかなり刺入抵抗と痛みがあった。

キーワード: 絶縁電気鍼、アクリル樹脂塗料、電着塗料、濡れ性、刺入抵抗