

원저

SEM-EDX를 이용한 침 끝의 미세 부착물의 조성에 대한 관찰

장인수* · 손동혁* · 송호섭** · 이인환*** · 박종배****

*우석대학교 한의과대학 한방내과학교실

**경원대학교 한의과대학 침구학교실

***전북대학교 공과대학 신소재공학부

****하버드 의과대학

Abstract

Investigation of Micromorphological Characteristics of Acupuncture Needle Tip Using SEM-EDX

Jang In-soo*, Son Dong-hyuk*, Song Ho-seop**, Lee In-hwan*** and Park Jong-bae****

*Department of Korean Internal Medicine, College of Korean Medicine, Woosuk University

**Department of Acupuncture & Moxibustion, College of Korean Medicine, Kyungwon University

***School of Advanced Materials Engineering, Chonbuk National University

****Harvard Medical School, Osher Institute, MA, USA

Objectives : There have been several studies about the quality of acupuncture needle tip recently. We have investigated the condition of the tip of the acupuncture needles in the last studies. In the former studies, we discovered the metallic scuff, lumps and irregularities of the acupuncture needle tips under the microscope. But, no information was available on those foreign materials' identity.

Methods : We have selected 200 needles of 1000 pieces from several companies by randomized methods. And we observed the tip of the 6 needles selected finally at $\times 1000$ or $\times 3000$ magnification and analyzed the components of the metallic scuff, lumps and irregularities of the needle tips with a SEM-EDX analyser.

· 접수 : 2005년 10월 25일 · 수정 : 2005년 11월 18일 · 채택 : 2005년 11월 18일

· 교신저자 : 박종배, Division for Research and Education in CIM Therapies, Harvard Medical School, Osher Institute Landmark Center, 401 Park Drive, Suite 22A-West, Boston, MA 02215, USA.

Tel. +1-617-384-8550/8572 Fax. +1-617-384-8555 E-mail : Jongbae_Park@hms.harvard.edu

Results : We found that the identity of the metallic scuff, lumps and irregularities of the needle tips were metallic materials and silicon. For example, A point was composed of Fe(69.78%), Cr(17.71%), Ni(8.11%), Zn(2.04%), Si(1.23%), Mn(1.12%), and B point was composed of Si(66.40%), Fe(26.76%), Cr(6.84%).

Conclusion : The results of this study confirm that there is a real possibility of the remaining of metallic materials and silicon in body of patient, after acupuncture treatment. Therefore, it is necessary to intensify our efforts to make needles of good quality and to concentrate on manufacturing process of acupuncture needles completely to be free from danger in acupuncture treatment.

Key words : Acupuncture, Needle tip, Screening electron microscope(SEM), Energy dispersive X-ray spectroscopy(EDX), Quality of needle

I. 서 론

오늘날 사용되는 침은 원래 황제내경(黃帝內經)에서 기술된 '구침(九鍼)' 중의 하나인 호침(毫鍼)에서 기원하여 오늘날에 이르렀으며^{1,2)}, 침을 만드는데 사용되는 재료는 고대의 돌침(砭石)이나 뼈침(骨鍼)에서 시작해서, 구리침(銅鍼)과 쇠침(鐵鍼)을 거쳐 스테인레스 강철(Stainless steel)로 만든 침까지 발전해왔다¹⁾. 금침(金鍼)이나 은침(銀鍼) 등 특수한 재질의 침도 아직까지 사용되고 있지만, 강하고 쉽게 녹슬지 않아 인체에 해가 적기 때문에 스테인레스 강철로 이루어진 침이 오늘날 보편적으로 사용되고 있다¹⁾. 또한 자입시의 통증을 줄이고 부식을 방지하기 위해 실리콘 등을 이용하여 침 끝을 코팅하는 방법이 보편적으로 사용되고 있다³⁾.

저자들은 그동안 침의 품질과 미세구조에 대하여 관심을 가지고 연구를 지속해왔다. 지금까지 침 끝의 형태와 미세구조에 주목하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope : SEM)을 이용한 연구 결과를 발표해 왔으며, 그 결과 침 끝의 미세구조를 6가지로 구분한 바 있다⁴⁻⁵⁾. 침 끝의 불량 상태 중 한 가지인 '이물질부착 형태 - 표면에 덩어리나 불규칙한 물질이 붙은 것'에 있어서, 과연 침 끝의 잔존 물질이 무엇인가에 대한 의문이 있었다. 침 끝의 이물질이 침의 제조 포장 과정에서 혼입된 불순물인지, 아니면 제조 공정에서 잔존한 금속이거나 실리콘 등과 같은 코팅 재료인지, 연구 과정에서 혼입된 먼지와 같은 불순물인지 여러 가지 추정이 있었으나⁶⁾, 아직까지 밝혀진 바가 없는 실정이었다.

저자들은 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope: 이하 SEM)을 이용한 특수 기법의 하나인 Energy Dispersive X-ray Spectroscopy(이하 EDX)를 이용하여 미세구조의 성분을 분석이 가능함을 알게 되어, 이에 침 끝에 잔존한 미세 물질의 성분을 분석한 결과를 다음과 같이 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구재료

1) 연구에 사용한 일회용침은 국내외에서 유통되는 침 제품 1000개에서 임의표본추출 방식(Randomized Methods)을 통하여 200개의 표본을 추출하였고, 이 중 18개의 이물질 부착 형태의 침을 선별하였다. 조사에 사용한 침의 규격은 0.30×30mm 이었다.

2) 침끝의 미세 구조와 형태를 관찰하기 위하여 JSM-6400 Digital SEM-EDX(JEOL Ltd, Japan)을 사용하였다. 촬영시 전압은 15 kV로 하였다.

2. 연구방법

임의표본추출 방식으로 선별된 200개의 표본을 대상으로 대물대(Objective Stage) 위에 침을 1 mm 간격으로 나란히 올려놓고 고정시킨 다음 SEM을 이용하여 ×1000 배로 관찰하였다.

관찰 결과 침의 미세 구조에 대한 장 등³⁾의 6가지 분류 중 '이물질부착 형태 - 표면에 덩어리나 불

규칙한 물질이 붙은 것'에 해당하는 침을 다시 $\times 3000$ 배 이상으로 관찰하여 전형적인 이물질 부착 형태에 해당하는 18개의 침을 선별하였다. 선별된 18개의 침을 EDX 기기에 의해 성분분석을 하였고, 이 중 성분분석이 정확히 이루어진 정상침 1개와 이물질이 부착된 5개의 경우를 선택하였다.

III. 결 과

SEM-EDX기기를 이용하여 정상적인 침 1개와 전형적인 이물질이 붙은 형태의 침 5개를 선별하여 성분분석을 한 결과는 다음과 같았다.

6가지 형태의 침을 각각 분석한 결과, 정상적인 경우의 Point A에서는 Fe의 함량이 69.78%로 가장

많이 함유되어 있었고, Cr, Ni, Zn, Si, Mn 순으로 나타났다(Fig. 1, Table 1). Point B는 먼지와 같은 이물질이 부착된 형태로서, Fe의 함량은 26.76%에 그친 반면 Si의 양은 66.40%로 매우 높게 분석되었다(Fig. 2, Table 1). Point C는 침 끝 부근의 코팅이 벗겨진 듯한 형태를 띠었는데, 분석 결과 Fe의 함량이 55.81%로 가장 높게 검출되었고, 특이하게 Cu가 12.82%나 검출되었다(Fig. 3, Table 1). Point D에서는 철 함량이 51.11%로 다른 Point에 비해 비교적 적은 양이 검출되었으며, Na, S, K이 추가적으로 검출되었다(Fig. 4, Table 1). Point E는 철은 60.37%로 비교적 적정량으로 검출되었으나, 다른 구성 성분은 Cr, Si만 검출되었다(Fig. 5, Table 1). Point F는 철 함량이 69.93%이었으며, 다른 성분 역시 정상적인 침 끝(Point 1)에서의 성분 분석 결과와 유사하게 나왔다(Fig. 6, Table 1).

Table 1. The Components analyzed in each point.

	Point A	Point B	Point C	Point D	Point E	Point F
Fe	69.78	26.76	55.81	51.11	60.37	69.93
Cr	17.71	6.84	18.15	15.12	27.40	18.72
Ni	8.11	-	2.69	7.60	-	8.67
Zn	2.04	-	-	-	-	-
Mn	1.12	-	1.00	-	-	1.56
Si	1.23	66.40	9.53	4.92	12.23	1.12
Cu	-	-	12.82	-	-	-
Na	-	-	-	14.96	-	-
S	-	-	-	2.35	-	-
K	-	-	-	3.94	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Values are Percentage(%).

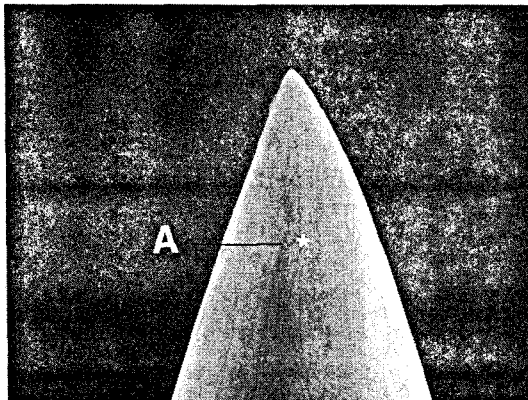


Fig. 1. Point A in a normal needle tip($\times 3000$)

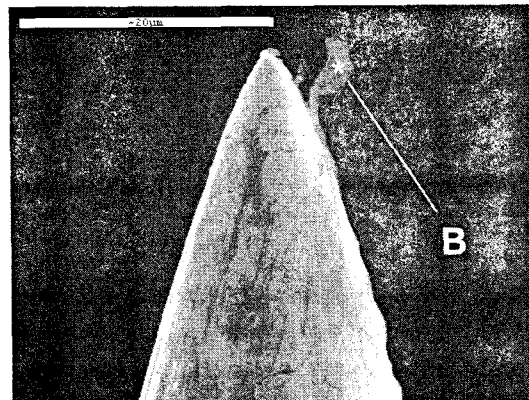


Fig. 2. Point B($\times 3000$)

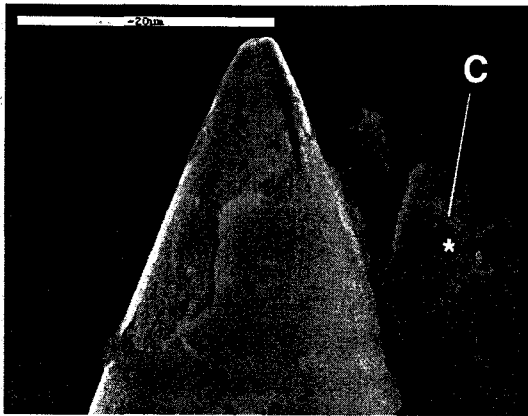


Fig. 3. Point C(×3000)

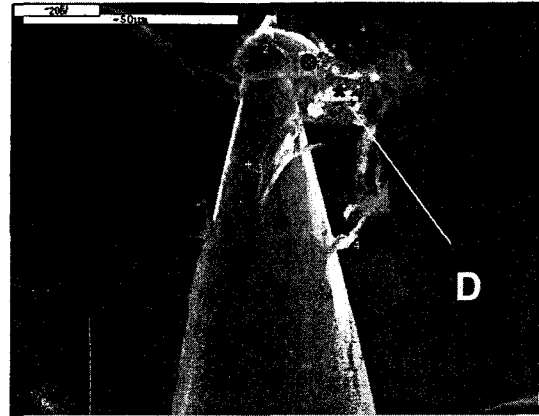


Fig. 4. Point C(×1000)

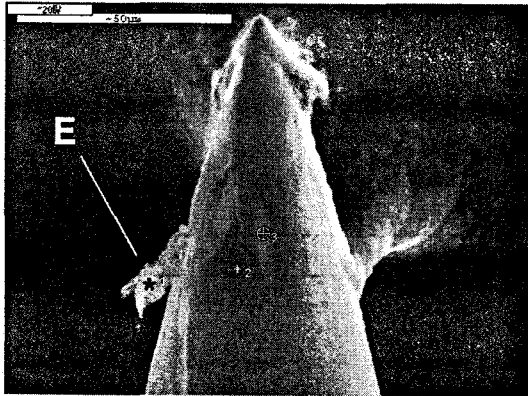


Fig. 5. Point E(×1000)



Fig. 6. Point F(×1000)

IV. 고찰 및 결론

침의 미세 구조에 대한 기존 연구는 많지 않은데, Simon H 등⁷⁾, 장 등⁴⁾은 이에 대한 연구를 진행하여 각각 침 끝의 미세 구조를 각각 4가지와 6가지로 분류한 바 있다. 즉, Simon H 등⁷⁾은 '흠집 형태', '이물질부착 형태', '침 끝 절단 형태', '갈고리 형태'의 4가지로 미세구조를 분류하였고, 장 등⁴⁾은 여기에 '정상 형태'와 '표면이 벗겨진 형태'를 추가하여 6가지 분류를 제시하였다.

기존의 연구 과정 중에 '이물질부착 형태'에 있어서 과연 침 끝부분의 이물질 형태의 물질이 무엇인가에 대한 논란이 많았다. 본 연구자들은 다른 결함이 있는 침에 비해 '이물질부착 형태'의 침의 경우에는 이를 인체에 자입하였을 때 이물질이 체내에 잔

존할 가능성이 다분히 많으므로 이러한 물질이 무엇인지를 규명하여 인체의 유해성 여부를 관찰하는 것이 필요하리라 생각해왔다.

초기 연구 단계에서는 이물질이 침 끝에 부착될 수 있는 가능성에 대해, 침의 제조 공정 중 이물질이 유입된 경우와 본 연구자들이 SEM으로 관찰하는 과정 중에 이물질이 유입된 경우가 있을 것이라고 가정하였다. 침의 제조 공정은 재질로 사용되는 스테인레스 강선(STS 304, 316)을 기기로 절단 후 연마, 가공, 코팅, 세척, 포장하는 과정으로 이루어진다⁸⁾. 이러한 과정 중에 이물질이 부착 또는 투입될 수 있는 가능성을 생각하였고, 또한 연구자들의 연구 과정 중에 먼지와 같은 이물질이 부착되지는 않았으나 하는 가정들을 하였었다. 그러던 중 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope : SEM)의 촬영 기법 중 EDX 방식, 즉 Energy Dispersive

X-ray Spectroscopy(EDX) 방식을 도입하면 '이물질 부착 형태'에서의 이물질의 성분분석이 가능함을 알게 되었다.

EDX 혹은 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)라고 불리는 기기는 정성분석이 가능한 장비로 주로 전자현미경 계열(TEM, SEM 등)에 같이 부착시켜 사용하는 장비이다. 재료의 표면에 전자현미경의 타겟에서 발생된 전자(incident beam)가 충돌하게 되면, 재료는 표면에서 그 재료의 특성을 갖는 여러 종류의 전자, 이온 및 특성 X선 등을 방출하는데, 이때 EDX 장치는 이 중에서 방출된 특성 X선만을 따로 검출하여 빔의 에너지대별로 화면에 표시하게 된다⁹⁾. 이 특성 X선의 에너지의 세기는 물질이 갖는 고유한 값이며, 이 에너지의 값은 사전에 입력되어진 물질의 특정값과 대조하여 컴퓨터가 스스로 최적으로 일치하는 물질을 유추해내게 된다⁹⁾. 한편 정량분석시는 WDS(Wavelength Dispersive X-ray Spectroscopy)를 통하여 분석을 진행하는데, 근래에 와서는 이 두 가지 장치를 하나로 묶은 개념의 EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)가 사용되기도 한다⁹⁾. 본 연구에서는 EDX가 부착된 SEM-EDX 기기로 200개의 표본을 관찰하여, 이 중 '이물질부착 형태'에 해당하는 칩 끝 구조를 가진 전형적인 5개의 영상과 '정상 형태' 1개의 영상을 토대로 연구 결과를 보고하였다.

구체적인 내용을 보면, 정상적인 칩 끝 구조를 가진 Point A(Fig. 1.)의 경우, Fe(69.78%), Cr(17.71%), Ni(8.11%), Zn(2.04%), Si(1.23%), Mn(1.12%)순으로 나타났으며, 이는 칩의 재료로 사용되는 스테인레스 강철의 성분과 흡사한 것이었다.

이물질이 붙은 유형은 칩째, 칩 끝이 비교적 균일하면서 이물질이 부착된 경우(Fig. 2), 둘째, 코팅막이 벗겨져 있으면서 이물질이 부착된 경우(Fig. 3, Fig. 5), 셋째, 칩 끝부분에 덩어리와 같이 이물질이 부착된 경우(Fig. 6), 넷째, 복합적으로 이물질이 부착된 경우(Fig. 4)로 대략적인 구분을 하였다.

칩 끝이 비교적 균일하면서 이물질이 부착된 형태인 Point B에서 Fe의 함량은 26.76%에 그친 반면 Si의 양은 66.40%로 매우 높게 분석된 것으로 보아 이것은 실리콘 코팅 과정시 코팅 잔여물이 칩 끝에 붙은 것으로 추정되었다(Fig. 2). 칩 끝 부근의 코팅이 벗겨진 듯한 형태인 Point C에서는 Fe의 함량이 55.81% 이었고, 특이하게 Cu가 12.82%나 검출되었는데, 이는 연마 공정에서 연마기의 금속성 불순물

이 칩 끝에 부착된 것으로 추정되었다(Fig. 3). Point D에서는 철 함량이 51.11%로 다른 Point에 비해 비교적 적었으며, Na, S, K이 추가적으로 검출되었다(Fig. 4). Point E는 철은 60.37%로 비교적 적정량으로 검출되었으나, 특이적으로 Cr, Si이외의 다른 성분은 검출되지 않았었다(Fig. 5). Point F는 철 함량이 69.93%이었으며, 다른 성분 역시 정상적인 칩 끝(Point 1)에서의 성분 분석 결과와 유사하게 나온 것으로 보아 연마 및 가공 과정에서 칩의 강철 성분이 벗겨진 것으로 추정되었다(Fig. 6).

본 연구를 진행해 본 결과, 칩 끝에 부착된 이물질은 칩째, 칩 제조 공정시 연마 및 가공 공정에서 부착된 연마기의 금속성 불순물, 둘째, 칩의 세척 공정시 제거되지 않고 잔존한 불순물, 셋째, 칩의 코팅 공정에서 잔존하여 부착된 실리콘 성분, 넷째, 연마 공정시 벗겨진 칩체의 금속물로 확인되었다. 본래 칩 제조 공정의 마지막 단계에서는 전수조사 또는 샘플 조사를 하게 되는데, 이 단계에서 생산된 칩을 저배율의 광학현미경으로 관찰하여 불량품이 있는지 확인하는 공정을 거치게 된다³⁾. 그런데, 이러한 광학현미경의 확인 과정으로는 이물질이 부착된 불량한 칩들을 찾아낼 수가 없다는 것이 문제이다. 결국 본질적으로 칩 공정의 모든 과정 즉 연마, 가공, 세척, 코팅 공정을 철저히 수행하지 않을 경우, 본 연구에서 발견된 불순물들이 칩 끝에 잔존하게 된다. 그러므로, 철저한 제조공정의 점검을 통해 양질의 칩을 생산하는 것이 문제 예방을 위한 필수적인 요건인 것이다.

칩 끝에 부착된 불순물 들은 자입시 통증을 가중시키는데 그치지 않고, 자침시 인체 내부에 들어가서 체내에 잔존하여 조직에 침투될 가능성이 매우 많기 때문에 이에 대한 경각심을 가질 필요가 있다. 이러한 문제 발생을 궁극적으로 예방하기 위해서는 우선은 칩의 연마공정이나 세척 공정에서 칩의 완성도를 높이려는 제조회사의 자구적인 노력이 필요할 것이며, 더불어 칩의 사용자인 한의사 스스로가 지속적으로 제조회사를 독려하고 감독하는 역할을 수행해야 할 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

1. 전국한의과대학침구경혈학교실편저. 침구학

- (하). 서울 : 집문당. 2001 : 1021-5,1029-31.
2. 河北中醫學院校釋. 靈樞經校釋(上). 北京 : 人民衛生出版社. 1990 : 16-9.
3. 백용현, 정인태, 이상훈, 이재동, 최도영. 침 금속재료에 대한 생체적합성 연구. 대한침구학회지. 2004 ; 21(4) : 159-76.
4. 장인수, 박종배, 송범용, 이창현, 김현수. 주사 전자현미경(SEM)을 이용한 일회용침 끝의 미세 형태에 대한 관찰(2). 대한침구학회지. 2003 ; 20(5) : 151-8.
5. 장인수, 박종배, 송범용, 이창현. 주사전자현미경(SEM)을 이용한 일회용침 끝의 미세 형태에 대한 관찰. 대한한의학회지. 2002 ; 23(4) : 27-31.
6. 장인수, 박종배, 육태한, 김현수. 침의 실리콘 코팅 안전성에 대한 고찰. 대한경락경혈학회지. 2005 ; 22(1) : 165-7.
7. Simon H, Maria M, Aden S, David E, Simon C, Man F. Single-use acupuncture needles : Scanning electron-microscopy of needle-tips. Acupunct Med. 2002 ; 20(1) : 11-8.
8. 장인수, 박종배, 서정철. 침의 한국산업규격(KS) 도입 필요성에 대한 고찰. 대한침구학회지. 2004 ; 21(5) : 149-62.
9. 김혜진, 이종태, 김동술. SEM/EDX를 이용한 디젤 분진의 입자별 분석. 한국대기환경학회지. 1999 ; 15(2) : 175-182.