

## 세정방법에 따른 국소마취제 이온도입의 효율과 편안감 비교

정명아, 송인영<sup>1</sup>, 이재형<sup>2</sup>

조선대학교 대학원 보건학과, <sup>1</sup>목포과학대학 피부미용과, <sup>2</sup>원광보건대학 물리치료과

### Comparison of Cleansing Regimes for Efficacy and Comfort of Iontophoretic Transdermal Lidocaine Delivery

Myung-A Jeong, MPH; In-Yong Song, PT, PhD<sup>2</sup>; Jae-Hyoung Lee, PT, PhD<sup>3</sup>

Dept. of Health Science, Graduate School of Chosun University; <sup>1</sup>Dept. of Cosmetology, Mokpo Science College; <sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Health Science College

**Purpose:** The purpose of this study was to determine that the efficacy and comfort of iontophoretic transdermal delivery of lidocaine by comparison of local anesthetic duration, sensory threshold, pain threshold and pain tolerance levels according to four different cleansing regimes. **Methods:** Forty healthy volunteers were randomly assigned to four groups; oil cleansing group, lotion cleansing group, solution cleansing group and alcohol cleansing group. All subjects were received lidocaine iontophoresis on the forearm using direct current with 4 mA for 10 minutes. All subjects were measured the duration of local anesthesia after lidocaine iontophoresis, also evaluated the sensory threshold, pain threshold and pain tolerance level during iontophoresis. For comparisons of the efficacy and the sensory characteristics of iontophoresis within the groups, an one-way ANOVA was used. **Results:** The duration of local anesthesia were found significant difference between groups ( $p < 0.001$ ). The anesthetic duration in solution and alcohol cleansing groups were significantly longer than oil and lotion cleansing group by post hoc ( $p < 0.05$ ). Statistically significant difference were noted in respect to all sensory characteristics such as sensory threshold, pain threshold and pain tolerance between groups ( $p < 0.001$ ). The sensory threshold in solution and alcohol cleansing group were significantly lower than oil and lotion cleansing group by post hoc using Duncan multiple range test ( $p < 0.05$ ). The pain threshold and pain tolerance in solution and alcohol cleansing group were significantly higher than oil and lotion cleansing group by post hoc ( $p < 0.05$ ). **Conclusion:** These results demonstrated that cleansing regimes have affected the efficacy and discomfort of iontophoretic transdermal delivery of lidocaine. These findings indicate that cleansing agents without oil ingredient contributed to more comfort, and more successful achievement of the iontophoretic transdermal delivery. (*J Kor Soc Phys Ther* 2006;18(4):41-50)

**Key Words :** Cleansing agent, Comfort, Efficacy, Iontophoresis

### 1. 서론

피부를 통한 경피 약물전달체계는 위장관 및 간

논문접수일: 2006년 5월 18일  
수정접수일: 2006년 6월 16일  
게재승인일: 2006년 7월 19일  
교신저자: 이재형, jhlee@wkhc.ac.kr

에서의 대사과정을 거치지 않고 혈장 내 농도를 일정하게 유지할 수 있어 구강투여의 문제점인 낮은 생체이용률을 해결할 수 있으며 환자의 투약 편의성이 좋아 임상 및 학계는 물론 피부 관련분야에서도 높은 관심을 나타내고 있다(Rai와 Srinivas, 2005). 경피 약물전달은 피부를 투과해야 하는데 피부의 각질층이 물질 투과의 장벽역할을 하기 때

문에 종래의 경피 약물전달체계는 분자량이 작은 지용성 용질에 한정되었고, 약물의 피부통과 속도가 느리며 안정상태에 도달하는 시간도 지연되는 문제점을 안고 있다(Ranade, 1991; Sinha와 Kaur, 2000).

그동안 경피 약물전달에 대한 연구는 화학 촉진제를 사용하는 화학적 강화 방법이 주종을 이루었으나 최근에 이르러 전기적 및 기계적 방법과 초음파 등의 물리적 강화 방법에 대한 관심이 고조되고 있으며 특히 전류를 사용해서 약물을 경피적으로 조직에 침투시키는 이온도입(iontophoresis), 고전압전류를 사용해 약물을 경피적으로 조직에 침투시키는 전기침투(electroporation), 초음파를 이용하여 약물을 조직으로 침투시키는 음파영동(sonophoresis) 등이 차세대 경피 약물전달체계의 한 방법으로 떠오르고 있다(Kassan 등, 1996).

경피약물전달을 강화시키는 방법으로 이온도입이 널리 사용되고 있으며 이온도입은 농도차에 의해 확산하는 약물 이온에 전류를 가하면 전기반발에 의해 약물 이온에 추진력이 부가되어 수동적으로 표피 각질층의 세포막 투과를 촉진시켜 조직 심부의 표적에 약물이온을 전달시킬 수 있다(Guy, 1998; Nair와 Panchagnula, 2003).

피부 각질층의 두께, 국소 혈관분포, 단위면적당 땀샘관과 모낭 및 피지선의 수 등과 같은 변수가 이온도입의 효과에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 약물용액의 농도 (Gangarosa, 1981; Woolfson 등, 1988; Thysman 등, 1992), 약물용액의 pH 및 pKa, 약물 용액 내 경쟁이온의 유무 (Gangarosa 등, 1978; Guy 등, 2001; Nugroho 등, 2004a; Nugroho 등, 2004b) 등과 같은 약물용액의 특성에 대해서는 꾸준히 연구가 이루어져왔다.

직류전류에 의해 이온화된 약물이 피부 각질층의 장벽을 가로질러 조직 안으로 전달되기 위해서는 전류밀도가 충분히 높아야한다(Luzardo-Alvarez 등, 2001). 직류전류는 전하가 한 방향으로만 계속 이동하기 때문에 조직에서 전기화학반응을 일으켜 발적 및 화상 등 피부에서 부작용이 쉽게 발생할 수 있으며 불편감이 따르게 된다. 특히 음극전극 밑에서

부식성 수산화나트륨이 발생하며 수소이온 농도가 높고 상대적으로 반응속도가 빠르기 때문에 양극보다 자극성이 많아 음극전극 밑에서 피부 자극 및 화상의 가능성이 많다 (Livshitz 등, 2001; Lyons 등, 2004).

조직의 전기전도는 전극 크기, 전극배치방법, 피부온도, 피부의 습기 및 청결상태 등에 영향을 받는다. 전기자극시 피부의 전기 전도도를 높이기 위해서 전극접촉부위의 피부를 식염수나 전극폴과 같은 전도매개물질을 사용하여 습하게 하고 피지나 탈락세포 및 먼지 등을 알코올로 제거 하는 방법을 사용하고 있다.

피부관리 분야에서 이온도입을 시행하기 전 대부분 세정을 실시하는데 피부특성에 따라 기름, 로션, 수용액을 흔히 사용하고 있으나 세정방법에 따라 이온도입의 효율 및 편안감이 검토된 적이 없다. 부적절한 세정은 전류밀도 분포의 불균일을 초래하여 이온도입의 효율성이 떨어질 뿐만 아니라 조직손상, 불편감이 초래될 수 있다.

따라서 본 연구는 이온도입 전 피부세정방법에 따른 마취지속시간을 비교하여 이온도입의 효율에 차이가 있는지 규명하고 더불어 감각역치와 통각역치 및 통각내성의 전류량을 비교하여 세정방법에 따라 이온도입의 편안감에 차이가 있는지를 규명하는데 목적을 두었다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 연구의 목적을 이해하고 참가 동의서를 작성 및 서명한 20대의 건강한 여학생 지원자를 대상으로 하였다.

모든 대상자는 연구에 영향을 줄 수 있는 개방성 창상, 찰과상, 최근에 형성된 반흔, 좌창 등 외피계의 질환과 손상이 없었고 감각신경과 운동신경의 기능이상이 없었으며, 심박조정기 착용 등과 같은 전기자극의 금기사항이 없었다. 대상자들은 연구에 참여하기 전 24시간부터 연구가

끝날 때 까지 진통제와 알코올 등 감각기능에 영향을 줄 수 있는 약물을 섭취하지 않도록 하였다.

40명의 여학생 (22.63±2.53세)이 연구에 선발되었고 연구 도중 탈락자 없이 모두 끝까지 참여하였다. 대상자에게 1에서 40까지 번호를 부여하고 1, 2, 3, 4를 기록한 쪽지를 잘 혼합한 후 뽑아 10명씩 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군에 배치하였으며 이중맹검법으로 연구를 시행하였다.

## 2. 연구방법

### 1) 세정

오일세정군은 솜을 물에 적서 전극부착부위의 피부를 닦은 후 적당량의 세정오일을 피부에 고루 펴 바르고 문지른 후 미온수를 적신 부드러운 패드로 깨끗이 닦아냈다. 로션세정군은 솜을 물에 적서 전극부착부위의 피부를 닦은 후 적당량의 세정로션을 피부에 고루 펴 바르고 문지른 후 미온수를 적신 부드러운 패드로 깨끗이 닦아냈다. 용액세정군은 솜을 물에 적서 전극부착부위의 피부를 닦은 후 적당량의 세정용액을 피부에 고루 분사하고 문지른 후 미온수를 적신 부드러운 패드로 깨끗이 닦아냈다.

알코올세정군은 순수 알코올에 증류수를 섞어 75%용액을 만들어 솜에 적서 전극부착부위의 피부를 깨끗이 닦아냈다. 세정오일은 피부의 오염물질 제거 및 보습 유지 목적으로 사용하는 식물성 오일성분이 함유된 Pentanon CelGen Cleansing Oil(STC Nara Co., Ltd., Chungnam, 한국)을 사용하였다. 세정로션은 피부의 오염물질 제거 및 보습 유지 목적으로 사용하는 식물성 오일성분이 함유된 Pentanon CelGen Cleansing Lotion(STC Nara Co., Ltd., 한국)을 사용하였다.

세정용액은 신선감, 심부세정효과, 각질연화작용 및 피부의 흡수작용 촉진 목적으로 사용하는 파라옥시안식향산메칠(methyl parahydroxybenzoate)이 주성분인 Pentanon Celgen Ever Clear Solution(STC Nara Co., Ltd., Chungnam, 한국)을 사용하였다. 알코올은 Absolute Ethanol(Hayman

Ltd., Essex, 영국)을 사용하였다.

### 2) 이온도입

피부 세정 후 대상자를 침대에 편안하게 눕히고 비활성전극을 왼쪽 전완 후면 근위부 1/3 부위에 고정하고, 활성전극은 왼쪽 전완 후면 원위부 1/3부위에 위치시켜 두 전극의 거리를 5 cm 떨어지게 하였다. 비활성전극은 5×5cm 크기의 카라야검전극(ValuTrode, Sejin M.T. Co., Ltd. Seoul, 한국)을 사용하였고 활성전극은 직경 2.5 cm, 길이 3.15 cm의 금속전극을 사용하였다.

활성전극은 직류전류가 발생하는 전기자극기(Endomed 582, Enraf Nonius, 네덜란드)의 양극단자에, 비활성전극은 음극단자에 연결하였다.

염산 리도카인(Lidocaine hydrochloride, Kukjeon, Seoul, 한국)을 농도 4%, pH 5.0으로 조제한 다음 염산 리도카인 수용액 3 ml를 3.5×3.5 cm의 면패드에 적시어 왼쪽 전완 후면 원위부 1/3 부위에 올려놓고 전기자극기의 양극단자에 연결한 금속전극을 천천히 이동하면서 4 mA의 강도로 10분 동안 이온도입을 시행하였다.

### 3) 감각역치, 통각 역치 및 통각내성 측정

Notermans (1975)의 방법을 변형하여 감각이 전혀 없는 상태를 0(no sensation), 처음으로 느끼는 찌릿찌릿한 감각을 1(tingling sensation), 따끔따끔한 감각을 2(pricking pain), 불에 타는 듯한 감각을 3(burning pain), 매우 심한 통증 감각을 4(intensive pain), 견딜 수 없는 통증 감각을 5(intolerable pain)로 구분하여 설명해준 다음 전기자극기(Endomed 582, Enraf Nonius, 네덜란드)의 직류전류를 사용하여 강도를 1초 간격으로 0.1 mA씩 증가시키면서 최초로 찌릿찌릿한 감각을 느낄 때와 따끔따끔한 통증을 느끼기 시작할 때 및 견딜 수 없는 통증 감각을 느끼기 시작할 때의 전류량을 각각 기록하여 최초로 찌릿찌릿한 감각을 감각역치 (sensory threshold, ST), 따끔따끔한 감각을 통각역치(pain threshold, PT), 견딜 수 없는 통증 감각을 느끼기 직전을 통각

정명아 외 2인 : 세정방법에 따른 국소마취제 이온도입의 효율과 편안감 비교

내성(pain tolerance, PO)으로 결정하였다. 감각역치, 통각역치, 통각내성은 3회씩 측정하여 평균값을 사용하였다.

#### 4) 마취지속시간 측정

이온도입을 시작하기 전 대상자들이 따끔한 감각(pin-pricking)을 느끼고 판단할 수 있는지 확인하기 위하여 왼쪽 전완 전면 임의의 두 지점에 23-G 주사바늘을 사용하여 피부에 압박을 가하면서 통증 감각을 명확하게 판별할 수 있도록 하였다.

모든 대상자는 눈을 감게 하고 이온도입부위에서 임의의 5지점에 주사바늘로 피부가 약 1 mm 함몰되도록 일정한 압박을 가하여 5지점 모두 따끔한 감각을 느끼지 않을 때 마취가 유도되어 통각을 느끼지 못하는 것으로 판정하였고 5지점 중 1지점에서 따끔한 감각을 느끼면 통각을 느끼는 것으로 판정하였다.

이온도입 직후부터 5분 간격으로 5지점 중 1지점에서 따끔한 감각이 나타날 때까지 통증 유무를 검사하였다. 국소 마취기간은 대상자들이 따끔한 감각이 나타난 직전의 시간으로 결정하였다. 이온도입 후에는 패드를 제거하고 전극이 위치했던 부위에 피부자극, 수포, 화상

등의 발생 여부를 관찰하였다.

### 3. 자료분석

기름세정군, 로션세정군, 수용액세정군, 알코올세정군 간의 감각역치, 통각역치, 통각내성의 차이를 비교하기 위해 해당 전류량을 일원 분산분석을 하였으며, 각 군간 이온도입의 효과를 비교하기 위하여 국소마취 지속시간을 일원 분산분석을 하였으며, Duncan다중순위 검정으로 사후 검정을 실시하였다.

통계학적 유의 수준은 0.05로 하였고, 통계분석은 SPSS/WIN 10.0 프로그램을 이용하였다.

## III. 결 과

### 1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에서는 성별과 관련하여 통증감각의 차이를 배제하기 위하여 대상자를 여성으로 제한하였다. 각 군 대상자의 나이, 체중, 키, 신체질량지수는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 1)

표 1. 대상자의 일반적 특성

Variable	n	Age	Weight	Height	BMI
Oil cleansing	10	22.20±2.74	161.30±3.20	51.90±4.86	19.95±1.84
Lotion cleansing	10	22.30±1.49	163.80± 3.79	52.70±4.85	19.61±1.35
Solution cleansing	10	22.80±2.66	162.00± 4.74	52.45±4.80	19.95±1.09
Alcohol cleansing	10	22.90±2.38	160.00± 4.47	51.40±7.21	20.00±2.04

2. 세정방법에 따른 마취지속시간 변화

오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 국소마취지속시간은 표2와 같았다. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 마취지속시간을 일원 분산분석한 결과 네

군 간의 마취지속시간이 유의한 차이를 보였으며( $p < 0.001$ )(표 3), 이를 Duncan 다중순위검정으로 사후검정한 결과 용액세정군 및 알코올세정군의 마취지속시간이 오일세정군과 로션세정군의 마취지속시간보다 유의하게 높았다( $p < 0.05$ )(그림 1).

표 2. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 국소마취지속시간

Group	n	Anesthetic Duration (minutes)		
		Mean±SD	95% CI	
			Lower	Upper
Oil	10	7.50±2.64	5.62	9.39
Lotion	10	8.0±2.58	6.15	9.85
Solution	10	13.00±2.58	11.15	14.85
Alcohol	10	15.50±5.50	12.62	17.38

표 3. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 국소마취지속시간의 일원분산분석 결과

Source	D.F.	SS	MS	F	p
Between Groups	3	411.8753	137.292	17.496	.000
Within Groups	36	282.50036	7.847		
Total	39	694.375			

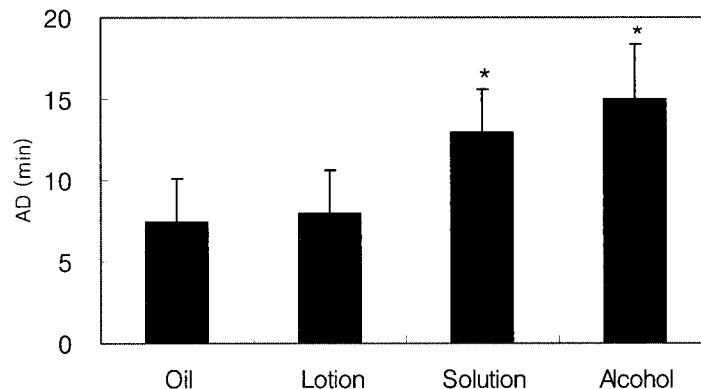


그림 1. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 국소마취지속시간 비교  $p < 0.05$

정명아 외 2인 : 세정방법에 따른 국소마취제 이온도입의 효율과 편안감 비교

### 3. 세정방법에 따른 역치 변화

오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 감각역치, 통각역치 및 통각내성은 표 4와 같았다. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 감각역치를 일원 분산분석한 결과 네 군 간의 감각역치, 통각역치 및 통

각내성이 모두 유의한 차이를 보였으며 ( $p < 0.001$ )(표 5), 이를 Duncan 다중순위검정으로 사후검정한 결과 용액세정군 과 알코올세정군의 감각역치가 오일세정군과 로션세정군보다 유의하게 낮았으나, 통각역치 및 통각내성은 용액세정군과 알코올세정군이 오일세정군과 로션세정보다 유의하게 높았다( $p < 0.05$ )(그림 2).

표 4. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 감각역치, 통각역치 및 통각내성

Group	n	Mean±SD		
		STH (mA)	PTH (mA)	PTO (mA)
Oil	10	0.83±0.17	1.24±0.47	2.89±1.08
Lotion	10	0.70±0.15	1.44±0.23	3.05±0.61
Solution	10	0.43±0.14	1.86±0.64	4.16±1.28
Alcohol	10	0.28±0.10	2.35±0.79	5.55±1.93

표 5. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 감각역치, 통각역치 및 통각내성의 일원분산분석 결과

Variables	df.	SS	MS	F	p
STH	3	1.855	.618	31.323	.000
PTH	3	7.369	2.456	7.582	.000
PTO	3	45.430	15.143	8.775	.000

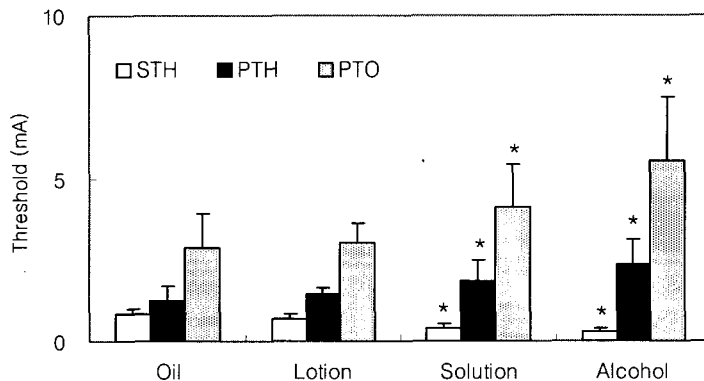


그림 2. 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 감각역치, 통각역치 및 통각내성 비교. \* :  $p < 0.05$ .

#### IV. 고 찰

본 연구에서 오일세정군, 로션세정군, 용액세정군, 알코올세정군의 국소마취지속시간에 차이가 있었으며 감각역치, 통각역치, 통각내성이 유의한 차이를 보여 국소마취제 이온도입 전 세정방법이 경피전달의 효율과 편안감에 영향을 미치고 있음을 확인하였다.

전극 부착 부위를 세정용액으로 세정하거나 알코올로 닦은 후 리도카인 이온도입을 시행한 경우가 세정오일 및 세정로션으로 세정한 경우보다 국소마취지속시간이 유의하게 길었다. 이는 세정오일 및 세정로션에 함유된 알로에, 아보카도 등의 식물성오일이 세정 후 피부에 부분적으로 잔류하여 전극의 면적을 감소시키고 저항을 증가시켜 전류의 효율적인 조직 전달이 방해받아 약물의 경피전달이 제한된 것으로 여겨진다. 이온화된 약물이 직류전류에 의해 피부 각질층의 장벽을 가로질러 조직 안으로 전달되기 위해서는 전류밀도가 적절히 높아야 한다.

전류강도가 적절하게 높아지면 이온에 추진력을 작용시켜 이동하는 이온의 수를 증가시키고 이온이동 속도도 빨라지게 하지만 너무 높은 전류강도에서는 이온상호현상과 역 침투현상으로 이온이동의 효율을 감소시킨다. 따라서 이온도입 시 피부 저항을 감소시켜 적절한 전류강도를 유지하기 위해서 전극접촉부위의 피부에 식염수나 전극풀과 같은 전도매개물질을 사용하여 습하게 하고 피지나 탈락세포 및 먼지 등을 알코올 솜으로 제거해야 한다. 본 연구에서 전극부착부위를 세정용액과 알코올로 깨끗이 닦은 경우가 피부의 저항을 감소시켜 전류가 효율적으로 통과하면서 약물 이온의 이동을 유도하여 국소마취시간이 길게 나타난 것으로 보인다.

또한 전극부착부위를 세정오일 및 세정로션으로 세정한 경우가 세정용액으로 세정하거나 알코올로 닦은 경우보다 감각역치가 높게 나타났다. 이는 세정오일과 세정로션에 식물성 기름이 함유되어있었기 때문에 세정 후 피부에 잔류한 기름성분이 전류의 원활한 통전을 방해하여 전

류에 대한 감각역치가 높게 나타난 것으로 사료되며, 세정용액과 알코올을 사용하여 세정한 경우에는 피부에 이물질이나 기름을 제거하여 전류에 대한 감각역치가 낮게 나타난 것으로 생각된다. 한편 세정오일 및 세정로션으로 세정한 경우가 세정용액 및 알코올로 닦은 경우보다 통각역치 및 통각내성 강도가 낮게 나타나 이온도입 전 세정방법이 이온도입시 편안감에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

피부의 청결 상태 및 전극의 접촉상태는 전류밀도에 밀접한 관계를 가진다. 전류밀도는 전류강도의 제곱에 비례하고 전극 표면적에 반비례한다(Waugaman, 1997). 전류밀도가 증가하면 음극전극에서 전기분해 생성물인 수산화나트륨의 발생이 증가하고 세포내  $K^+$ 이온의 유출이 일어나 피부의 pH가 10에 이르게 되는 알칼리화가 유발되며 강 알칼리는 자극성을 증가시켜 불편감과 조직 파괴를 유발시킬 수 있다 Waugaman, 1997).

전류 통전 시 피부 표면의 기름성분 잔류에 따른 불편감에 대한 선행연구가 없어 직접 비교하기는 어려우나 전극의 크기에 따른 몇몇 연구 결과에 따르면 전극의 크기는 통증 유발과 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다.

Alon (1985)은 여러 크기의 전극을 사용하여 전기자극한 결과 크기가 가장 큰 전극을 사용했을 때 불편감이 적었다고 했으며, McNeal과 Baker(1988)는 대상자들이 작은 전극보다 큰 전극이 편안감이 높아 더 선호하였다고 보고하였고, Patterson과 Lockwood(1991)는 5종류 크기의 전극을 사용하여 대퇴사두근에 전기자극을 가하고 수축력과 통증유발 전류량을 비교한 결과 수축시키는 데 필요한 전류량은 전극의 크기에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나 크기가 작은 전극이 큰 전극보다 유의하게 통증을 더 유발시켰다고 보고 하였으며, Alon 등(1994)은 네 가지 크기의 전극을 사용하여 전기자극하고 감각역치, 운동역치, 통증역치, 최대통증내성을 비교한 결과 전극의 크기가 커질수록 편안감이 커진다고 보고하는 등 전기자극시 전극의 크기는 통증 유발의 정도와 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다.

본 연구에서 전극부착부위를 세정오일 및 세정 로션으로 세정한 경우가 세정 후 세정오일 및 세정로션의 식물성 기름성분이 피부에 부분적으로 잔류하여 전극 접촉 면적이 감소하고 부분 접촉면에서 전류밀도가 집중적으로 증가하여 낮은 전류강도에서 통증이 쉽게 나타났으나, 세정 용액과 알코올을 사용하여 세정한 경우에는 피부의 이물질이나 기름을 제거하여 전류밀도가 균일하게 분포하여 통증이 쉽게 유발되지 않은 것으로 생각된다.

본 연구에서 이온도입 효율의 차이를 규명하기 위해서 국소마취제인 염산 리도카인수용액을 사용한 이유는 비타민 C등과 같은 약물은 이온도입에 의한 경피전달 정도를 정확하게 평가하기가 어려운데 비해 국소마취제는 이온도입 후 즉시 국소마취의 정도와 국소마취의 지속시간을 정확하게 평가할 수 있기 때문에 이온도입에 의한 경피전달 정도를 정확하고 쉽게 확인할 수 있기 때문이었다.

이온도입은 용액의 농도, pH 및 pKa, 용매 속의 다른 종류의 이온 존재, 전류강도, 치료시간, 전류밀도, 피부저항 등 여러 가지 요소들이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Behl 등, 1989; Kalia와 Guy, 1995; Phipps 등, 1989). 이온도입에서는 약물을 주로 수용액의 형태로 사용하고 있으며 약물 용액의 농도가 높으면 한정된 세공에 이온이 몰리는 병목현상이 발생하여 조직에 전달되는 약물의 이온수가 감소되기 때문에 낮은 농도를 사용해야 하며(Costello와 Jeske, 1995), 약물 용액의 pH가 높으면 H<sup>+</sup>을 방출, 유리 염기가 증가하여 이온화 분자 수가 감소하고 전도도가 떨어지므로 적절한 pH를 유지해야 한다(Gangarosa 등, 1978; Pikal과 Shah, 1990).

Lee 등(1998)은 국소마취제의 효과적인 농도는 4%, pH는 5.0이라고 보고한 바 있어 본 연구에서 리도카인 수용액의 농도는 4%, pH 5.0을 사용하였다. 또한 Wieder(1992), Kahn(1982)등은 이온도입시 높은 전류강도를 사용하면 이온상호 현상 및 역침투 현상 등의 역효과가 나타나고 화상이 유발될 수 있기 때문에 전류강도는 낮은 강도

를 사용하는 것이 효과적이라 하여 본 연구에서도 전류량을 4 mA로 고정하여 사용하였다. 이온도입 치료시간은 피부의 두께, 혈관 분포 등이 영향을 미치기 때문에 점막은 1~3분, 피부는 5~20분, 심부조직은 30~60분까지 다양하게 제시하고 있지만 일반적으로 10분 이상 이온도입하면 약물이온이 혈관의 혈류를 따라 다른 곳으로 분산되기 때문에 10분 정도가 적당하다고 알려져 있어(Costello와 Jeske, 1995) 본 연구에서도 이온도입 시간을 10분으로 하였다.

불편감과 피부손상을 최소화하는 것은 약물의 효율적 전달 못지않게 고려해야 한다. 부적절한 세정은 전류밀도 분포의 불균일을 초래하여 이온도입의 효율성이 떨어질 뿐만 아니라 조직손상, 불편감을 야기시킬 수 있다. 따라서 이온도입 전 세정을 시행할 때 피부에 기름성분이 잔류하지 않도록 주의를 기울여 세정을 해야 할 것으로 여겨진다.

## V. 결 론

본 연구에서 국소마취제 이온도입 후 국소마취 지속시간을 측정하여 비교한 결과 용액세정군과 알코올세정군의 국소마취 지속시간이 오일세정군 및 로션세정군보다 유의하게 길게 나타나 세정방법이 이온도입의 효율에 영향을 미치고 있었다.

국소마취제를 이온도입하면서 감각역치, 통각역치, 통각내성의 전류량을 측정하여 비교한 결과 용액세정군과 알코올세정군의 감각역치가 오일세정군 및 로션세정군의 감각역치보다 유의하게 낮았고, 용액세정군과 알코올세정군의 통각역치와 통각내성이 오일세정군 및 로션세정군보다 유의하게 높게 나타나 세정방법이 피부에서의 전류에 대한 감각역치에 영향을 미치고 있었다. 이와 같은 결과는 세정오일 및 세정로션으로 세정한 후 세정오일 및 세정로션의 식물성 기름이 세정 후 피부에 잔류하여 전극의 면적을 감소시킨 것으로 여겨진다. 따라서 이온도입 전 전극 부착 부위를 세정용액 또는 알코올



등 적절한 방법으로 세정하여 피부를 청결하게 유지하여 피부저항을 감소시키고 전류밀도가 균일하게 형성되도록 해야 효율적으로 이온도입을 유도할 수 있으며 더불어 불편감과 조직손상의 위험을 줄일 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Alon G, Kantor G, Ho HS. Effects of electrode size on basic excitatory responses and on selected stimulus parameters. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(1):29-35.
- Alon G. High voltage stimulation. Effects of electrode size on basic excitatory responses. *Phys Ther.* 1985;65(6):890-5.
- Behl CR, Kumar S, Malick AW et al. Iontophoretic drug delivery: effects of physicochemical factors on the skin uptake of nonpeptide drugs. *J Pharm Sci.* 1989;78(5):355-60.
- Costello CT, Jeske AH. Iontophoresis: Applications in transdermal medication delivery. *Phys Ther.* 1995;75(6):554-63.
- Gangarosa LP Sr, Park NH, Fong BC, et al. Conductivity of drugs used for iontophoresis. *J Pharm Sci.* 1978;67(10):1439-43.
- Gangarosa LP Sr. Defining a practical solution for iontophoretic local anesthesia of skin. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 1981;3(2):83-94.
- Guy RH, Delgado-Charro MB, Kalia YN. Iontophoretic transport across the skin. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol.* 2001;14(Suppl 1):35-40.
- Guy RH. Iontophoresis-recent developments. *J Pharm Pharmacol.* 1998;50(4):371-4.
- Kalia YN, Guy RH. The electrical characteristics of human skin in vivo. *Pharm Res.* 1995;12(11):1605-13.
- Kassan DG, Lynch AM, Stiller MJ. Physical enhancement of dermatologic drug delivery: iontophoresis and phonophoresis. *J Am Acad Dermatol.* 1996;34(4):657-66.
- Kahn J. Use of iontophoresis in Peyronie's disease. A case report. *Phys Ther.* 1982;62(7):995-6.
- Lee JH, Kim JY, Jekal SJ. Effective concentration of procaine solution for iontophoresis. *J Kor Soc Phys Ther.* 1998;10(1):1-6.
- Livshitz LM, Mizrahi J, Einziger PD. Interaction of array of finite electrodes with layered biological tissue: effect of electrode size and configuration. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2001;9(4):355-61.
- Luzardo-Alvarez A, Delgado-Charro MB, Blanco-Mendez J. Iontophoretic delivery of ropinirole hydrochloride: effect of current density and vehicle formulation. *Pharm Res.* 2001;18(12):1714-20.
- Lyons GM, Leane GE, Clarke-Moloney M et al. An investigation of the effect of electrode size and electrode location on comfort during stimulation of the gastrocnemius muscle. *Med Eng Phys.* 2004;6(10):873-8.
- McNeal DR, Baker LL. Effects of joint angle, electrodes and waveform in electrical stimulation of the quadriceps and hamstrings. *Ann Biomed Eng.* 1988;16(3):299-310.
- Nair V, Panchagnula R. Physicochemical considerations in the iontophoretic delivery of a small peptide: in vitro studies using arginine vasopressin as a model peptide. *Pharmacol Res.* 2003;48(2):175-82.
- Notermans SLH. Measurement of the pain threshold by electrical stimulation and its clinical application. In: Weisenburg M, eds, *Pain. Clinical and experimental perspectives*, St Louis, CV Mosby. 1975;72-87.
- Nugroho AK, Li GL, Danhof M et al. Transdermal iontophoresis of rotigotine across human stratum corneum in vitro: influence of pH and NaCl concentration. *Pharm Res.* 2004a;21(5):844-50.
- Nugroho AK, Li G, Grossklaus A et al. Transdermal iontophoresis of rotigotine: influence of concentration, temperature and current density in human skin in vitro. *J Control Release.* 2004b;96(1):159-67.
- Patterson RP, Lockwood JS. The current requirements and the pain responses for various sizes of surface stimulation electrodes. *Proceedings IEEE-EMBS.* 1991;13:1809-10.
- Phipps JB, Padmanabhan RV, Lattin GA. Iontophoretic delivery of model inorganic and drug ions. *J Pharm Sci.* 1989;78(5):365-9.
- Pikal MJ, Shah S. Transport mechanisms in iontophoresis. III. An experimental study of the contributions of electroosmotic flow and permeability change in transport of low and high molecular weight solutes. *Pharm Res.* 1990;7(3):222-9.

- Rai R, Srinivas CR. Iontophoresis in dermatology. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 2005;71(4):236-41.
- Ranade VV. Drug delivery systems. 6. Transdermal drug delivery. J Clin Pharmacol. 1991;31(5):401-18.
- Sinha VR, Kaur MP. Permeation enhancers for transdermal drug delivery. Drug Dev Ind Pharm. 2000;26(11):1131-40.
- Thysman S, Preat V, Roland M. Factors affecting iontophoretic mobility of metoprolol. J Pharm Sci. 1992;81(7):670-5.
- Waugaman WA. Electrical current density model from surface electrodes. Biomed Sci Instrum. 1997;34:131-6.
- Wieder DL. Treatment of traumatic myositis ossificans with acetic acid iontophoresis. Phys Ther. 1992;72(2):133-7.
- Woolfson AD, McCafferty DF, McClelland KH et al. Concentration-response analysis of percutaneous local anaesthetic formulations. Br J Anaesth. 1988;61(5):589-92.