The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)
Vol. 3, No. 1, pp.43-48, February 28, 2017. pISSN 2384-0358, eISSN 2384-0366

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2017.3.1.43
JCCT 2017-2-7

에너지변환을 이용한 피부의 투과조절에 관한 연구

A Study of energy conversion by the penetration control in the skin

김정래* · 김혜주**
Jeong-Lae Kim*, Hye-Ju Kim**

요 약 본 연구는 에너지 변환을 가하면 피부에 기능별 투과와 전달현상의 변화를 확인한다. 주어진 에너지의 변화로 피부에 진행되는 과정과 에너지 전달에 투과조절의 단계로 흐르는 과정을 구성하고, 알고리즘을 통하여 변화의 과정을 모델링한다. 에너지양의 조절과 과정의 처리를 모델링한 상태에서 피부의 표피•진피에 효과적 단계로 자동 조절 및 국부 조절을 통한 시스템 모델을 구성하였다. 에너지 변환에 따른 고정된 위치와 계획된 장치로 재현하는 에너지 조절기능이 크기·형태·조합을 변환시키는 모형으로인한 깊이에 따른 분포의 변화가 정확하게 얻어지도록 투과펄스시스템을 구성하였다. 따라서 효율적인 에너지 변환을 제어하는 전달시스템을 구성하기위해 변환모델을 세분화하여 구축하였다. 이를 통하여 피부효과에 기능적 에너지 조절이 가능한 투과 조절시스템이 구성되어 지속적인 피부의 개선효과가 진행 될 것으로 예상된다.

주요어 : 피부투과, 에너지 제어, 시스템 모델링, 펄스폭, 변환에너지

Abstract We are confirmed to the variation of the transfer condition and the functional penetration by the permitted conversion energy on the skin. The given conversion energy is consist of the flow level of penetration control and go to the processing transfer in the skin that is to create the modeling for algorithm. The energy level of control processing was achieved effectively modeling system that was the composition of auto and local control level in the epidermis-dermis layer. Their penetration pulse control system was consisted of conversion energy with reference of fixing situation and recreation of designed apparatus for the energy control function that was converted to capacity by the size, form and combination. Also, the system was shown accurately distribution of conversion at the depth of skin correction. Therefore, conversion modeling was established effectively to separate the division parts for conversion system. We will be possible to progress the improvement effectiveness of the skin and to consist of the continuous penetration control system for functional energy on the skin.

Key words : Skin Penetration, Energy Control, System Modeling, Pulse Width, Conversion Energy

Ⅰ. 서 론

인간의 피부는 외부로부터 보호, 체온조절, 세균 및 바이러스 침투방지 등의 기능을 담당하는 인체의 중요한 기관이다. 이로 인해 다양한 기능과 발생하는 질병으로 보호하고, 외상과 질병 및 내부의 병의 관련 질병까지 관련되어 작용을 한다. 피부는 실제적으로 여러 층의 보호막을 형성함으로 외부 침입 인자, 내부 침입을 보호하는 기능을 수행하고 있고, 피부는 면역반응에 일차적으로 방어능력을 갖고 있다. 이러한 보호과정이 피부장벽을 유지하고, 표피층으로부터 인체

*종신회원: 김정래, 을지대학교 의료공학과(주저자)
**준회원 : 김혜주, 우송정보대학 뷰티디자인학과(교신저자)
접수일: 2017년 1월 15일, 수정완료일: 2017년 1월 23일
게재확정일: 2017년 2월 5일

Received: 15 January, 2017 / Revised: 23 January, 2017
Accepted: 5 February, 2017
*Corresponding Author: heajud@hanmail.net
Dept. Beauty Design, Woosong, College

조직에서 여러 부분의 가운데 기능과 연결되어 서로 간의 끊임없는 교류가 이루어지며 각각의 기관과 표피 세포 간에 형성, 분화 및 탈각의 끊임없는 변화과정을 표피의 과정에서 유지되고 진행된다.[1,2]

최근에 피부의 변화와 충격으로 인한 찰과상, 바이러스성 대상포진, 당뇨병으로 인한 족부 괴사 등 수많은 질병들이 피부와 관련되어 있고, 산업화로 각종 화학물질로 피부에 여러 가지 아토피성 피부염, 아토피, 알레르기 항원에 민감한 반응이 진행된다. 또한 이러한 현상이 피부 깊숙이 스며들면서 많은 질병과 각종 피부질환이 진행된다.[2] 최근에 생체에 열에너지를 변환을 주는 고주파 에너지로 해당 신체 조직의 온도를 상승시켜 세포의 기능을 증진시키고 세포 미세 부분의 혈관까지 확장으로 혈액 및 림프액의 순환을 촉진시키며 신진대사를 증진시키는 피부치료에 관심을 많이 갖고 있다. 경제가 발전함에 따라 외모 및 건강에 관심이 많아진 여성과 중•노년층들에 사용되는 피부 관련 시스템이 국내에서 연간 400억 이상의 시장으로 매년 증가추세를 유지하고 있다.[3]

따라서 본 연구는 현재 소요되고 있는 피부 관련 치료시스템 일정 한계를 갖고 있음으로 이러한 문제를 해결하고자 에너지변환을 통한 피부 투과 시스템을 위한 모델링을 고안하고자 한다.

II. 연구대상

1. 피부 표면의 특성

인체에서 피부의 구성은 피부표면에서 약 80% 각질의 물로 구성하여 몸의 외부환경으로부터 안전하게 지켜주고, 장벽기능은 피부 바깥층으로부터 안전하게 표피를 유지한다. 피부의 구성은 표피(epidermis), 진피(dermis) 와 피하조직(hypodermis)로 구성되며, 각질형성세포는 기저층, 유극층, 과립층, 투명층과 각질층으로 구성되어 활발한 증식과 분화과정이 수반된다. 표피의 주된 세포로 기저층의 stem cell에서는 증식이 유지되며, 보통 14일 동안 세포분열을 통하여 유극층, 과립층으로 분화과정을 통해 진행되며, 다시 14일경과 후에는 체외로 이동해 세포재생 과정이 일어난다. 이러한 생화학적 특성이 총 4주의 기간에 걸쳐 진행되어 표피 기저층의 각질형성세포의 분열과 성장이 진행되고, 최종분화 과정을 거치는 피부 각 계층마다 다양한 조절인자의 작용으로 분화 단계가 진행된다.[4] 피부 각질층 구조체는 각질세포, 각질세포외막, 각질세포간 지질, 각질교소체로 구성되고, 외피단백질 성분이 분화되어 발현이 증가되고 유전자는 transglutaminase, involucrin, cornifin, loricrin, filaggrin 등이 있다. 피부 표면에 물에 녹지 않은 단단한 구조물인 각질세포막이 형성되어 세포원형질막에 부착된다. loricrin이 과립층에 분비되어 세포막에 침착되며, 이러한 현상이 세포내에서 응집을 거쳐 거대한 섬유를 형성한다. 세포간의 지질막 및 구조물이 유극층과 과립층의 각질형성세포의 원형질막에 구조물을 생성시키고, 각질형성세포가 과립층에서 각질층으로 이동하면서 케라틴을 포함한 각질유리과립 내의 단백질이 세포질내의 다른 단백질들과 교차 결합되어 활성화된 효소작용이 진행된다.[5]

2. 치료기술의 특성

인체의 피부의 구조는 전자시스템으로 구성되어 이를 이용하여 피부미용 및 관리가 진행되고 있다. 대표적인 방법으로 피부 수분을 측정하는 경우에 전기 측정법, 기계공학적 측정법, 분광분석법, MRI 직접 이미지 측정법 등이 대표적인 방법이다. 측정에 정확성을 나열하면 MRI 직접 이미지 측정법이 대표적이며, 전기적 측정법, 분광분석법, 기계공학적 측정법로 진행할 수 있다. 일반적으로 사용이 가능한 측정법으로 전기적 측정법을 들을 수 있는데, 커패시턴스법, 컨덕턴스법, 서셉턴스법이 있다. 커패시턴스법은 각질층보다 깊은 피부층의 수분에 영향을 줄 수 있는 고주파수를 이용하고 있고, 서셉턴스법은 단일 성분의 저주파수를 이용한다. 저주파 치료기는 피부조직의 생화학적 반응 및 부분 온열현상으로 부분 지방제거 및 대사 촉진효과가 있고, 근육에 전기자극으로 교정 및 타박상 치료에 연구가 진행되고 있다. 또한 치료기술로는 근접치료로 Co-60, Ra-226, Cs-137 등의 밀봉소선원을 이용한 전통적인 저선량률(low dose rate, LDR)조사기술과 Ir-192를 이용한 고선량률(high dose rate,

HDR) 조사기술이 활용되고 있다.[6]

3. 피부심부의 열 효과

피부의 심부는 다양한 조직으로 구성되어 주파수에 흡수 • 반사 • 굴절이 이루어진다. 사용되는 주파수는 전류의 방향에 따라 조직이 구성하는 분자들 간에 진동, 회전운동, 충돌운동 과 뒤틀림 운동 및 마찰을 통하여 생체 열에너지가 형성된다. 특정부위의 피부 조직은 국소적으로 열에너지를 전달되며, 또한 발열 현상까지 진행된다. 발열 시 발생되는 온도는 평상시보다 6℃~7℃ 정도 상승한다. 따라서 피부 조직 온도가 40℃이상으로 올라가면 동맥 및 모세 혈관 확장, 신체방어기전 향상, 혈액순환, 신진대사가 증진되며, 이로 인해 대사간에 산소, 영양 물질, 항체, 백혈구, 모세혈관의 정수압 이 증가로 림프순환이 촉진된다. 전류에 의한 열효과는 Joule 법칙으로 표현되며, 펄스폭과 피부저항 및 전류을 통하여 열량을 측정하는데 시간을 포함하여 열의 효과의 증대를 향상 시킨다.[6,11]

4. 피부의 전기적 특성

1) 주파수 방법 특성

단일 주파수를 이용한 어드미턴스의 교류성분으로 서셉턴스법를 이용한 피부모델링에 의해 측정된다.[5]

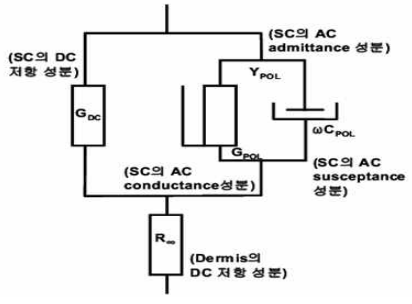

그림 1. 피부의 전기적 모델링
Fig 1. Electrical modeling of the skin

진피층의 DC저항 성분은 R∞이고, 각질층의 DC저항 성분은 GDC 이며, 각질층의 분극 현상에 의한 AC 어드미턴스 성분은 YPOL이고, 각질층 수분 함유량은 ωCPOL이다. 각질층의 수분 함유량은 GDC와 R∞에 의해 영향을 받고 그 다음에 ωCPOL으로 진행된다. 이러한 미세 신호를 통해 일정한 주파수를 가진 정전압원 신호를 인가하면 각질층의 임피던스에 반응과 각질층의 어드미턴스를 측정하여 구성한다.(그림 1.)[7]

2) 단일 Pulse 파 주파수 특성

피부에 주어지는 Pulse파는 크게 4가지로 나뉜다.[6]

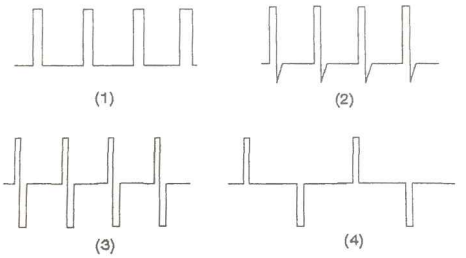

그림 2. 단일 저주파 펄스의 형태
Fig 2. Single pulse signal for modeling

단일 펄스에 사용되는 파형의 형태는 단상 직사각형파, 대칭성 이상파, 단상교대 대칭성 직사각형, 교대 대칭성 직사각형로 구분한다. 그림 2에서 (1)은 단상 직사각형파로 전류가 한 방향으로 흐르므로 전극이 유지되어 이온화학적 현상이 진행되고, 전위차가 크게 변화하지 않고, 일정기간 pulse width를 점차 늘려가면서 변화을 확인하는데 좋다. (3)은 단상교대 대칭성 직사각형으로 양극으로 자극해 분극현상이 크게 발생하지 않아 생리 • 화학적 작용은 크게 일어나지 않지만 자극의 강도에 따른 변화 발생이 진행된다. (4)는 교대 대칭성 직사각형로써 주파수를 20Hz에서 50Hz로 가변하면서서 (+)전극파와 (-)전극파을 가변으로 작용하여 변화를 줌으로 시간 변화에 다른 효과가 크고 심리적으로 여러 가지 변화가 발생할 수 있다. (2)는 대칭 이상파로 (+)전극파와 (-)전극파가 주파수 량이 다름으로 변화의 강도가 차이가 있어 피부에 변화를 가해 줄 수 있다.[5,9]

그림3은 pulse width와 전류세기 및 시간을 조절하는 기능으로 인가되는 pulse의 종류에 따라 다양하게 조절함으로써 세기 및 비율을 원하는 조건에 맞추어 수행하고, width는 0.1msec~1msec, 전류의 세기는 10㎂~1mA를 비율에 따라

조절한다.[5,8]

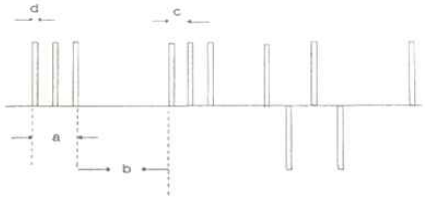

그림 3. 복합 저주파 펄스의 형태
Fig 3. Multi-complex pulse signal for modeling

3) 고주파의 특성고주파전류(High Frequency Current, HFC)는 100,000㎐ 이상의 주파수이며, 피부에 고주파전류를 통전시킬 때 진동폭이 매우 짧아 이온운동이 거의 일어나지 않으며, 전기 • 화학적반응이나 전기분해현상이 없고, 빠른 진동전류 에너지에 의해 통과하는 경로에는 심부 열리라고 하는 변환이 진행된다. 이 열은 고주파수가 전기 에너지로 변환되면서 전류 방향으로 바뀔 때 조직을 구성하는 분자들 간에 진동으로 인한 마찰로 회전운동과 뒤틀림 및 충돌운동이 진행된다. 고주파수는 피부안의 특정부위에 영향을 주며, 생체 열에너지로 변환된 조직의 온도를 상승과 세포의 기능 증진 및 혈류량을 증가에도 역할을 준다. 고주파 열에너지는 진피 조직에 자극을 주어 콜라겐의 재생성을 촉진과 피부 깊숙히 열을 침투시켜 노화된 콜라겐을 회복시키면, 새로운 콜라겐 생성이 유도하여 피부 전체에 탄력을 준다. 피부조직의 국소적인 온도가 40℃이상으로 올라가면 진피층의 콜라겐층을 자극하여 혈류량이 증가되고 신체방어기전의 향상으로 혈액순환 촉진과 신진대사를 증대시킨다.[5,10]

III. 연구결과

1. 피부 투과 조절 모델링

피부에 침투되는 펄스에너지는 피부 내 각층에 따라 단계별로 흡수 정도가 다른 현상으로 나타난다. 피부에 1차적으로 닫는 부분은 표피부분으로 전기적 흡수와 포텐셜에 의한 흡수가 각질층, 투명층, 과립층, 유극층 과 기저층으로 진행되며, 진피 부분은 유추층과 망상층과 함께 피지선과 한선 및 무유두 등의 부분을 통화하여야 한다. 피하조직는 주로 지방층으로 층의 범위가 다양하고 많은 양으로 구성되어 있어 에너지가 많이 흡수된다.(그림 4)[10]

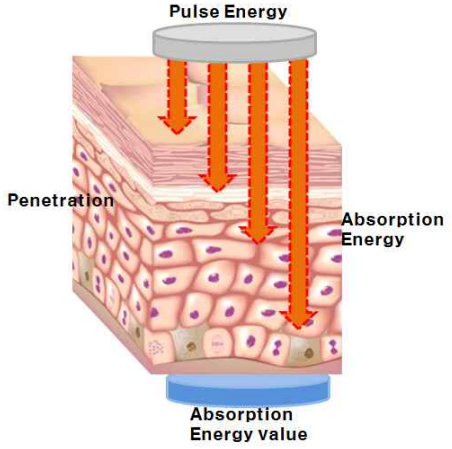

그림 4. 투과 에너지 펄스 형태
Fig 4. Penetration Energy for pulse signal

피부의 표면의 단계를 등가 모델링으로 구성하면 표피(Ep) 로써 에너지에 대한 DC 저항성분으로 R-Ep가 발생하여 표피부분의 전체적인 역할은 한다. 진피(De) 는 에너지 성분에 DC 저항성분이 작용하고 R-De 으로진피의 분압에 역할을 하며, 피하조직(Hd)에도 에너지 성분이 작용한다. 표피부분에 각질층(SC) 은 포텐션 작용으로 Po-SC 이 진행되며, 투명층(SL) 은 R-SL저항성분이 진행되고, 과립층(SG)은 Cap-SG의 캐패시터로 일정 에너지의 충전과 방전이 진행된다. 유극층(SS) 은 의 Cap-SS캐패시터로 일부 에너지의 충전이 진행되며, 기저층(SB)는 의 DC성분의 R-SB저항성이 진행된다.(그림 5)

에너지의 투과에 따라 발생되는 피부의 투과정도는 지수함수에 의한 변화로 나타난다. 에너지의 정도에 따른 투과 정도와 영향은 피부의 깊이에 따라 줄어들어 깊숙한 부분에 물질의 변화는 전류의 빈도에 따라 조절할 수 있다. (그림 6)

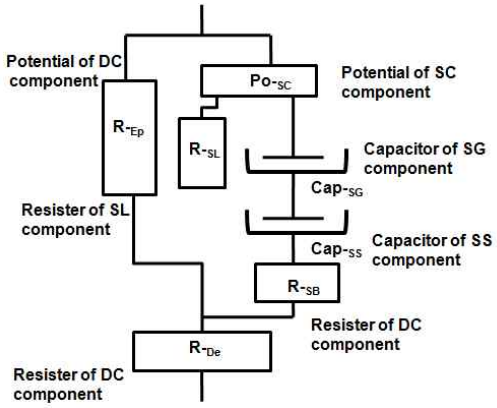

그림 5. 투과 에너지 펄스 모델링
Fig 5. Modeling of the Penetration Energyr

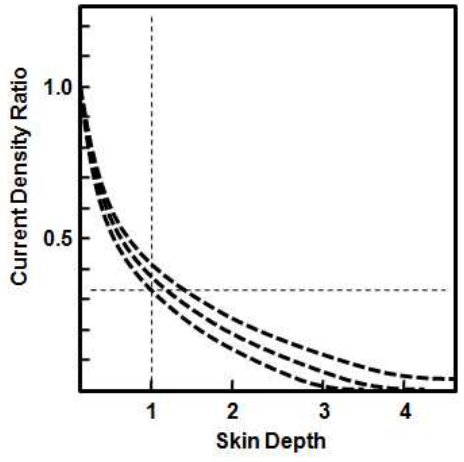

그림 6. 깊이별의 투과 에너지 빈도
Fig 6. The Depth of Penetration Energy Level for Density Ratio

IV. 결론

본 연구는 에너지 변환을 가하면 피부에 기능별 투과와 전달현상의 변화가 영향이 있음을 확인한다. 주어진 단일 주파수이 피부의 각층에서 저항 성분과 캐패시턴스 성분으로 변환하고 이를 통하여 어드미턴스의 교류성분에너지가 피부에 변화하여 진행되며, 에너지 전달에 투과조절의 단계로 흐르는 과정을 구성하여 알고리즘을 모델링하였다. 조절되는 에너지양이 투과과정을 통하여 여러 성분으로 변환됨이 확인되었다. 효과적 단계로 치료방법을 통하여 자동 조절 및 국부 조절을 통한 시스템 모델을 구성하여 피부효과에 기능적 에너지 조절이 가능한 투과 조절시스템이 구성되면 피부개선효과가 있을 것으로 예상된다.

References

[1] H Frings, Factors determining the effects of radio-frequency electromagnetic fields and materials they infest, Journal of Economic Entomology, 45:396-408, 1952.

[2] SO Nelson, JA Payne, RF dielectric heating for pecan weevil control. Transactions of ASAE, 31:.456-458, 1982.

[3] S Wang, J Tang, JA Johnson, E Mitcham, JD Hansen, RP Cavalieri, et al., Process protocols based on radio frequency energy to control field and storage pests in in-shell walnuts. Postharvest Biology and Technology, 26(3):265-273, 2002.

[4] S Karaaa, J Zhanga, F Yangb, A Numerical Study of a 3D Bioheat Transfer Problem with Different Spatial Heating, Mathematics and Computers in Simulation, 68:375-388, 2005.

[5] KS Kunz, The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics, CRC Press, ISBN 0-8493-8657-8, 1993.

[6] F Giorg, OP. Gandhi, M Grandolfo, Electromagnetic iointeraction, Plenum Press, New York, 1989.

[7] S Karaaa, J Zhanga, F Yangb, A Numerical Study of a 3D Bioheat Transfer Problem with Different Spatial Heating, Mathematics and Computers in Simulation, 68:375-388, 2005.

[8] MA Bolzinger, S Briançon, J Pelletier, Y Chevalier, Penetrationof drugs throughskin, a complex rate-controlling membrane, Curr. Opin. Colloid Interface Sci., 17:156 - 165, 2012.

[9] GK Menon, New insights into skin structure: scratching the surface, Adv. Drug Deliv. Rev,. 54:S3 - S17, 2002.

[10] ECJ Juan, RCI Marlen, DDC Luisa, T Roberto

Díaz, RVA Luisa, AN Casas,

[11] Y Shahzad, R Louw, M Gerber, Jd Plessis, Breaching the skin barrier through temperature modulations, Journal of Controlled Release, 202:1-13, 2015.