

표면 열과 심부 열의 생물학적 원리에 관한 고찰

동아정형외과의원 물리치료실

박 규 현

대구대학교대학원 재활과학과 물리치료전공

김 재 윤

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

박 래 준

Biophysical Principles of Superficial Heating and Deep Heating Agents

Park, Kyu-Hyun, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Donga Orthopaedic Surgery

Kim, Jae-Yoon, P.T.

Major in Physical Therapy, Graduate school of Rehabilitation Science, Taegu University

Park, Rae-Joon, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy Taegu University

<Abstract>

Heating of injured tissue has been used for centuries for pain relief and reduction of muscle spasm. In physical therapy locally applied heating agents are used not only to promote relaxation and provide pain relief, but they are also used to increase blood flow, to facilitate tissue healing, and to prepare stiff joints and tight muscles for exercise.

Superficial heating agents primarily cause an increase in skin and superficial cutaneous tissue temperature. Superficial heating agents such as hot packs, paraffin wax. Deep heating agents, including shortwave diathermy and continuous-wave ultrasound, can increase tissue temperature at depths ranging from 3 to 5 cm without overheating the skin and subcutaneous tissue.

I . 서 론

열사용의 일차적 이유는 통증 및 관절강직의 경감이다. 열은 증가된 혈류와 함께 통증생성 대사물질을 씻어내고 통증 전달섬유의 역치를 일시적으로 증가시킴으로

서 통증을 경감시킨다(Lehmann & Delateur, 1982). 통증 경감의 부가적 기전은 근방추와 Golgi건의 작용을 통하여 근육방위의 감소를 일으키는 점이다(Mense, 1978). 통증경감에 더해져서 열은 관절질환과 관련된 강직을 감소시킬 수 있다(Gersten, 1955). 또한 강직은

더운물에 담갔을 때 감소되는 것을 발견하였다 (Backlund & Tiselins, 1967). 온도 상승의 결과로서 일어나는 이러한 생리학적 효과 때문에 일반적으로 치료 프로그램의 일부로서 열인자를 포함시키는 것이다.

조직을 가열시키는데 효과적인 열인자들은 많이 있지만 표면 가열인자와 심부 가열인자의 두 가지 범주로 구별할 수 있다. 표면 가열인자는 일차적으로 피부온도를 증가시키는 인자이며 피부 밑 구조의 온도는 거의 변화시키지 않는다. 온습포와 파라핀과 같은 표면 또는 표층 열인자는 (1) 상대적으로 적은 연부조직으로 둘러싸인 손과 같은 관절을 가열하기 위해, (2) 반사기전을 통해 근육과 같은 심부구조에서의 효과를 유발하기 위해 사용된다. 치료의 목적이 심부에 위치한 병리 수준의 조직온도를 상승시키기 위해서는 심부가열 인자가 더 효과적이다. 심부가열 인자는 조직 내 3cm 혹은 더 깊은 영역까지 온도상승을 유발할 수 있다.

또 이 인자들은 표면조직에 큰 열을 일으키는 일없이 심부 구조물에 필요한 에너지를 전달할 수 있다.

심부가열 인자는 초음파치료기, 단파치료기, 극초단파치료기의 세 가지 종류가 있다. 그 중에서 초음파가 가장 일반적으로 사용된다. 본 연구에서는 표면 가열인자와 심부 가열인자를 적용하여 나타나는 생물학적 원리를 알아봄으로서 임상에서 어떠한 열인자를 선택하는 것이 바람직한지에 대한 이해를 돕고자 한다.

II. 표면열의 생물학적 효과

1. 순환의 촉진

온열자극에 의해 조직온도가 상승하고 혈관 확장과 함께 혈류량이 증가한다. 온열자극에 의한 피부의 혈관확장의 요인으로는 축삭 반사, 척수 반사, 화학물질의 생성 3가지가 있다.

피부의 일부에 온열자극이 가해지면 피부온도 수용기에서의 구심성 자극이 구심성 신경섬유를 통해 척수에 전달된다. 그리고 그 일부의 자극이 신경을 역행하여 피부 혈관에 전달되고 혈관 작동성의 물질이 방출됨으로써 혈관 확장이 일어난다(Michlovits, 1990). 이러한 반사를 축삭반사라고 한다.

피부에 온열자극이 가해지면 그 부위에서의 구심성 온도자극이 척수에 접근하고 결과로서 혈관 평활근의 아드

레날린 작동성의 교감신경 활성을 감소시켜 혈관을 확장시킨다(河坂充, 1996). 이 반사는 온열자극이 가해진 부분뿐만 아니라 자극을 받지 않은 떨어진 부위에도 영향을 준다(Wessman, 1974). 예를 들어 손과 등 가운데를 따뜻하게 하면 하지의 혈류가 증가하는 현상이다.

온열자극에 의해 히스타민과 프라스타글란딘 등의 화학물질이 방출되고 그 결과 혈관확장이 일어난다. 더욱이 땀샘에서 칼리크레인이 방출되고 글로불린에 작용하며 부래디키닌이 방출된다. 이들 화학물질의 작용에 의해 소장맥의 투과성과 모세혈관의 확장이 촉진되고 결과로서 혈관 외의 수분량 증가, 즉 가벼운 부종상태를 일으키게 된다(Wessman, 1974).

열은 약한 염증반응을 만들어낸다. 이때 히스타민과 프라스타글란딘을 포함하는 염증의 화학전달물질이 열이 가해진 부위로 방출되고, 이러한 물질은 혈관확장을 일으켜, 온도상승에 의한 땀 분비를 유발한다. 이때 칼리크레인(kallikrein)이라는 효소가 땀샘으로부터 분비된다.

이러한 효소는 브라디키닌을 분비하기 위해 키니노젠(kininogen)인 글로불린(globulin)에 작용하게 되고(Krusen, 1952), 각각의 평활근 긴장과 내피세포 수축성에 대한 화학전달물질의 작용은 저항혈관을 확장시키고, 말초혈관과 후 모세관정맥(postcapillary venule)의 투과성을 증가시키게 된다. 이렇게 증가된 모세혈관의 정수압과 투과성의 영향으로 인해 혈관에서 혈관 밖 공간으로의 체액투과가 쉽게 이루어지게 된다. 따라서 치료를 위해 사용한 열은 잠재적으로 간질액을 증가시킬 수 있고 약한 부종을 일으킬 수 있다는 점을 알 수 있다.

국소 척수반사는 열에 의해 활성화된 피부구심성자극을 통해 유발된다. 이러한 반사는 혈관의 평활근에 대한 아드레날린 동작성 교감신경 중 절 후신경(postganglionic sympathetic adrenergic nerve)의 활성을 감소시켜 반사적으로 혈관을 확장시키게 된다(Randall, 1952).

이런 반사 반응에 대한 혈관확장의 효과는 단지 가열된 부위에 국한되는 것이 아니라, 공감성 반응(consensual response)에 의하여 적용 부위로부터 멀리 떨어진 부위에서도 나타난다. 공감성 반응으로 인해 신체의 한 부위(예를 들면, 손이나 요추)가 가열될 때 피부혈류의 증가는 공감성 반응으로 인해 직접 가열되지 않은 신체 부위에도 일어난다. 예를 들어, 발의 피부혈류는 요추에 적용된 열에 의해 증가될 수 있다.

골격근의 혈류는 일차적으로 대사조절에 영향을 받고

운동의 정도가 증가하나, 감소할 경우 더 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 하지만 표면열 인자에 의해 골격근의 혈류가 변할 수 있는지 분명하지 않다. 이를 증명하기 위해서 표면열 인자가 골격근의 혈류를 변화시킬 수 있는지 실험을 하였다. 적외선을 적용한 후의 혈류 변화에 대한 두 개의 실험은 다음과 같다. Crockford와 Hellon(1959)은 전완을 적외선에 20-30분 동안 노출시킨 후 정맥의 산소 함유량을 측정하였다. 표층부의 정맥 산소 함유량은 증가하였으나 근 혈류의 산소 함유량에는 변화가 없었다. 따라서 표면열 인자를 적용해 골격근의 혈류를 변화시킬 수 없다는 결론을 내릴 수 있다.

열은 종종 운동 전에 사용하며, 열과 운동 모두는 국소 혈류를 증가시킬 것이다.

Greenberg(1972)는 온습포만 적용했을 때와, 또는 운동만을 적용했을 때, 그리고 온습포와 운동을 같이 적용하였을 때에 대한 반응을 알아보는 실험을 하였다. 그 결과 운동으로부터의 혈류 증가가 열에 의한 혈류 증가보다 더 컸으며, 운동과 온습포를 함께 적용한 것이 누적 효과 때문에 단 하나의 방법만을 사용했을 때 보다 더 크게 나타났다.

2. 신진대사의 촉진

온열 자극은 세포의 화학반응에 영향을 준다. 약 10℃의 온도상승 마다 세포에서 화학반응과 대사율은 2배에서 3배로 증가한다(Hardy & Bard, 1974). 대개 45℃-50℃와 같이 온도가 어떤 지점을 지나 상승할 때는 조직 회복을 위해 요구되는 대사활동이 열로 야기된 단백질 변성을 억제할 수 없기 때문에 인체 조직은 화상을 입게 되는 것이다.

그러나 열에 의한 화학반응의 증가는 신체 기능에 대한 긍정적 효과를 가질 수 있다는 것이다. 즉 조직에 의한 산소 섭취가 증가하며, 그에 따라서 이론적으로 조직 치유를 증진시키기 위한 더 많은 영양물을 이용할 수 있게 된다고 Abramson과 그의 동료들(1961)은 주장했다.

3. 신경·근육조직으로의 영향

온열치료는 통증의 경감과 근경련을 경감시키는 효과가 있다. 이들 작용기전으로서 통증 역치의 상승, 신경전도 속도의 변화, 근방추에 있어서의 발화빈도의 변화 등을 생각할 수 있는데, 아직 충분하게 검증되지 않은 점

도 많다.

온열 자극에 의한 신경전도 속도에 관한 영향에 대해서는 적외선 조사에 의해 피하조직의 온도가 1.5℃에서 2.0℃ 상승하면, 감각신경 전도속도가 증가된다고 보고했다(Currier, 1982).

또한 말초신경의 주행로 위를 온열 자극함으로써 통증 역치의 상승이 인정되는 점에서 온열치료는 신장이나 관절 가동술 등을 하기 전에 실시하면 유용하다는 보고도 있다(Wessman, 1974).

근경련은 통증이 있는 관절의 움직임을 억제하여 관절을 보호하기 위한 보호 기전의 일환으로 발생할 수도 있고, 운동하는 동안 과사용으로 인해 발생할 수도 있다. 분명한 것은 통증이 긴장성 근수축과 같은 반사를 유발할 수 있다는 것이다. 따라서 통증은 경련을 유발하고, 경련은 다시 통증을 유발하는 통증-경련-통증 순환이 시작된다(Horvath & Hollander, 1949). 긴장성 신장(tonic stretch)이나 정적 신장에 대한 반응에서 일차적으로 발화율을 변경시키는 근방추 구심성섬유는 II 구심성 섬유인데, 근육 온도가 약 42℃로 상승하면 II 구심성 섬유의 발화율은 감소되고, GTO로부터의 Ib 섬유의 발화율이 증가하게 된다(Halvorsen, 1990). 따라서 II 구심성의 발화율이 감소되는 반면 GTO의 활성이 증가하므로 α -운동신경원의 발화율이 감소될 것으로 예상할 수 있으며, 그것은 결국 긴장성 추외근 섬유의 활동을 감소시킨다.

이로 볼 때 근육의 온도상승은 통증완화와 근 긴장도를 줄일 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 하지만 대부분의 표면 가열인자는 IIa Ib 구심성 활동을 변경하는데 충분할 정도로 근육의 온도를 상승시키지 못한다는 점을 생각한다면, 근육을 싸고있는 피부가 가열되었을 때 근경련이 감소되는 현상을 설명하기 위해서는 또 다른 기전이 필요하다. 실험들의 결과를 보면 피부를 가열하게 되면 γ 원심성 섬유의 활성이 감소된다는 것을 알 수 있다. 감마 신경원의 활성이 감소하게 되면 근방추에 주어지는 신장 자극이 감소하게 되고 그것은 결국 근방추의 구심성 발화율의 감소를 가져오게 된다. 이러한 간접적 방법은 α -운동신경원의 발화율을 감소시켜 근경련을 줄이게 된다.

또한 근육온도의 상승은 근력과 지구력을 변경시킬 수 있다. Chastain(1978)은 정상인을 대상으로 대퇴사두근 위에 심부가열인자인 단파 심부투열치료를 적용하는 실험을 하였다.

그 결과 열을 단속시킨 후 첫 30분 동안은 등척성 근력이 감소되었고, 그 후 2시간이 지날 때까지 증가하였다. 열 적용 후 근력과 지구력이 감소했다는 실험 결과는 인간을 대상으로 한 다른 연구들에서도 보고되고 있다 (Cobbold & Lewis, 1956. Johnson & Park, 1982).

따라서 물리치료사는 근력강화 프로그램을 계획하거나, 수행능력을 분명히 측정하기 위해서는 열을 적용하면 근 수행능력이 변화한다는 것을 알아야 한다.

4. 조직의 점탄성 변화

외상후의 결합 조직은 단축하기 쉽고 그 결과 관절가동 범위가 제한되는 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 하나로 온열치료에 의해 조직의 점탄성을 변화시킨 후에 지속적인 신장을 가한다는 접근이 있다. 변화된 점탄성은 결합조직을 신장시킬 때 그 조직이 늘어나도록 도우미 역할을 하지만 신장 후에는 사라지게 되는데, 이러한 변화를 가소성(plastic) 변형 또는 연장(elongation)이라고 한다. 탄력구조는 신장력을 받게 되면 늘어나지만, 신장력이 제거되면 원래의 길이로 돌아오게 된다. 결합조직의 탄력성은 회복할 수 있는 범위내에서 조직의 길이를 변화시킬 수 있다(Barbour, 1986).

반면 최대의 동작범위에서 운동을 수행하지 않는다면, 결합조직은 좁아진 운동범위까지 점진적으로 짧아지게 되며 결과적으로 관절구축의 단계로 발전하게 될 것이다. 더욱이 유착도 생길 수 있으며, 활주할 수 있는 조직의 활주 능력의 상실로도 발전할 수 있게 된다. 여기에 열상과 압좌 그리고 화상을 받게 되면 반흔조직이 생기며, 이것은 결합조직의 가동성을 좀 더 제한한다. 그러므로 결합조직을 효과적으로 치료하기 위해서는 먼저 치료 효과에 영향을 줄 수 있는 2가지 요소 즉 온도상승(위치, 시간, 그리고 양)과 신장(기간, 양, 그리고 속도)에 대해 고려해야 한다.

교원조직을 원하는 상태까지 지속적으로 연장시키는 기법은 3가지가 있다: (1) 조직의 탄성을 넘기에 충분한 일정 부하를 가하는 것, (2) 그 자세에서의 지속 신장 후에 빠른 신장을 가하는 것, (3) 일정 빈도로 천천히 안정된 작은 부하의 신장자극을 가하는 것 등이 제안되고 있다(Michlovits, 1990).

여기서 교원조직의 연장에 가장 효과적인 방법은 느리고 낮은 강도의 견고한 신장을 일정한 비율로 적용해 가

는 방법인데, 이 경우 적은 조직손상을 약간 초래할 수 있는 위험성이 있지만 동작범위의 증가는 가장 큰 것으로 나타났다.

5. 통증의 경감

손상부에서 생긴 통증의 구심성 자극은 척수를 통해 반사적으로 원심성 교감신경 자극을 손상부로 보내고 그 결과 혈행의 감소, 대사 이상에 의한 통증 유발 물질의 증가 등의 현상을 일으키고 통증이 더욱 증가하는 악순환을 일으킨다.

그리고 운동신경을 사이에 둔 근긴장의 항진, 교감신경 원심로를 사이에 둔 혈관수축, 카테콜아민의 방출 등에 의한 통증유발 물질의 축적, 손상구심계 경로의 과민성 항진, 내인성 통증억제계의 기능 저하, 정신적인 통증의 증폭 등의 요소가 겹치면 만성통증으로 이행한다(岩倉博光, 1992).

이들 만성적인 통증에 대한 온열치료법의 생리학적 영향으로는 혈행의 개선에 의한 통증 유발물질의 제거, 이차적인 근경련의 경감, 통증역치의 상승 등이 있다(Michlovits, 1990).

Ⅲ. 심부열의 생물학적 효과

초음파는 인간의 가청 범위의 한계인 16KHz 이상의 주파수 음파로 의료 분야에서는 진단 목적(내부 구조물의 이미징화), 물리치료 목적(기능 회복과 연부조직 손상의 치료), 조직파괴(외과적으로 그리고 종양 자극을 위한 고열)의 목적으로 한 폭 넓은 분야에서 활용되고 있다.

물리치료에서 이용되는 초음파치료는 1939년 Pholmann이 처음으로 치료에 도입한 이래 구미를 중심으로 적극적으로 활용되어 왔다. 각기 다른 초음파의 강도는 서로 다른 효과를 보인다. 즉 가장 낮은 강도는 진단 목적으로 사용되고, 가장 높은 강도는 조직 파괴 목적으로 사용되고 있다.

근래에는 초음파 치료기의 성능도 향상되고 빔 조사의 연속성을 조정하는 것으로 비온열 작용과 온열 작용으로 나누어 사용하는 것이 가능하며 더욱이 자극 주파수를 바꿈으로써 치료대상 조직을 표층부와 심층부로 나눌 수 있게 되었다. 또한 임상 적용도 통증의 경감과 조직의

치유 등 폭 넓은 범위에서 활용되고 구미에서는 약제 침투법 등도 적극적으로 활용되고 있다.

1. 온열효과

온열효과는 시간 조사율이 100%인 연속파를 이용했을 때 얻을 수 있다. 또한 주파수는 1MHz보다 3MHz 쪽이 온도 상승이 빠르고 자극 강도도 높아질수록 온도 상승이 빨라진다(Draper 등, 1993). 고주파일수록 표피 구조물에서의 에너지 감쇠가 더 크게 된다. 3.0MHz의 주파수에서는 에너지의 대부분이 조직 깊이 1-2cm내에서 흡수된다. 낮은 주파수 1.0MHz에서는 표층부 조직내에서 감쇠가 적으며, 더 깊은 조직에서 에너지를 더 많이 흡수하여 이용할 수 있다. 일반적으로 3.0MHz의 주파수는 피부표면에서 1-2cm깊이의 조직을 치료하기 위해서 사용되어야 하고, 1.0MHz의 주파수는 피부표면에서 1-2cm보다 더 깊은 조직을 치료하기 위해서 사용해야 한다.

초음파는 뼈와 근육 사이에 존재하는 근육과 특수한 구조물의 온도를 선택적으로 증가시키기 위해 사용되는 심부열 인자이다. 조직 온도를 40℃~45℃로 다양하게 상승시키기 위해 요구되는 강도는 1.0~2.0w/cm²의 지속 파이며, 5-10분 동안 적용하는 것이 필요하다.

또한 초음파에너지는 교원질이 풍부한 조직에 흡수되기 쉬우므로 온도상승은 건조조직, 관절낭, 인대, 궤양조직 등에서 일어나기 쉽다(Dyson, 1987). 온열효과에 의한 생리학적 영향으로는 교원조직의 신장성을 증가시키는 것이 포함되고, 혈류의 증가, 신경전도 속도의 증가, 교원질이 풍부한 조직에서의 점탄성의 항진, 근경련의 경감, 신진대사의 촉진, 세포막의 투과성의 항진 등을 들 수 있다.

연부조직의 점탄성에 관해 Castel(1993)은 초음파 조사에 의해 3℃ 이상 조직온도가 상승하면 조직의 점성저하와 탄성 증가를 일으키고, 더욱 효과적으로 신진된다고 보고하고 있다. 또한 Draper(1998) 등은 하퇴삼두근에 대해 신장을 단독으로 실시하는 것보다 초음파를 조사한 후 신장하는 편이 족관절 배측굴곡 가동범위가 증대한다고 하였다. 초음파조사에 의한 점탄성의 증가는 석고 고정후의 구축과 화상후의 구축, 수술후의 유착, 반흔 등의 개선을 목적으로 한 치료에 응용하는 것이 가능하다.

초음파를 강도 2.0w/cm²이상으로 1.0MHz 주파수의

지속파를 10-20분 적용한 결과 근골격계 온도와 혈류량의 증가가 발견되었다. 더 짧은 강도와 더 짧은 시간동안 적용한 결과는 상반된 혈류량의 변화 혹은 무변화가 생김을 볼 수 있었다.

통증에 대한 생리학적 효과는 직접효과와 간접효과로 나눌 수 있다. 직접효과로는 통증에 기인하는 구심성 자극의 전달에 대한 작용과 나트륨 이온에 대한 세포막의 투과성을 변화시키는 것으로 통증 역치의 상승 등이 있다. 또한 간접적 효과로는 혈류의 증가와 모세혈관의 투과성 증가에 의해 저산소 영역으로 탄소의 공급을 촉진시키고, 통증 수용기의 화학적 감수성을 경감시키는 것이 보고되었다(Ziskin, 1990).

2. 비온열 효과

초음파 요법에 의한 비온열 효과는 조사 시간율이 100% 미만인 자극파를 이용했을 때 얻을 수 있다. 비온열 효과로서의 물리적 작용에는 공동과 마이크로스트리밍(microstreaming)이 있다. 공동은 혈액과 조직액 중 작은 기포에 압박과 확장이 가해졌을 때 일어나는 생리학적 변화로 안정된 공동이라면 세포의 활성화를 촉진하지만, 불안정한 공동인 경우에는 국소의 온도와 압력의 상승을 야기하고 그 결과 조직을 손상시킬 위험성이 있다. 마이크로스트리밍이란 공동에 의해 기포가 진동한 부위의 주변에서 일어나는 국소적인 액체의 흐름으로 이것에 의해 세포막의 투과성 증가와 칼슘 이온 및 그 외 이온의 이동 촉진, 그리고 세포 내외의 대사 촉진이 일어난다(Starkey, 1993).

이들 비온열 효과에 의해 단백질 합성과 교원섬유의 합성 촉진, 혈관벽·세포막의 투과성 항진 등의 변화가 일어나고 그것에 의해 조직의 재생과 부종의 경감 등 일련의 치유과정이 촉진된다(Starkey, 1993). 특히 염증기에는 초음파조사에 의해 혈소판과 대식세포(macrophage)에서 생긴 성장인자 등에 의한 섬유아세포와 내피세포의 분열이 촉진되고 창상치유가 촉진된다(Maxwell, 1992).

구미의 물리치료 분야에서 비온열 효과의 임상응용으로 창상의 치유(wound healing), 조직의 수복(tissue healing), 궤양조직의 치료, 부종의 경감, 피하조직으로의 약물침투 등을 목적으로 한 초음파 치료가 적극적으로 실시되고 있다(木村貞治, 1993).

궤양조직에 대한 초음파 치료의 효과에 관해서

Nassbaum(1994) 등은 척수손상환자의 욕창에 대해 주파수 3MHz, 강도0.2W/cm², 시간조사를 25%의 초음파 조사와 자외선 조사를 합친 치료법은 통상의 간호 관리와 레이저 치료보다 욕창 치유기간을 단축할 수 있다고 보고하고 있다.

건조조직의 수복에 관해 Evsemeka(1987)은 아킬레스 건 손상 등에서 치유과정의 초기에 초음파 치료가 실시된다면 건조조직의 치유가 촉진된다고 한다.

음파영동법(Phonophoresis)은 초음파의 기계적인 작용을 이용하여 염증제, 사리실산염, 그리고 진통제 등의 약제를 피하조직에 침투시키는 방법이다(Starkey, 1993). 음파영동법의 이점은 무침습으로 약제를 넓게 심부조직에 침투시키는 것이 가능한데 일본에서는 그다지 사용되지 않고 있다. 실제 치료법은 초음파용 겔 등의 매개물질에 약제를 섞어 그것에 초음파를 조사함으로써 이루어지고 있는데 하이드로코티손과 같이 약제의 종류에 따라서는 초음파의 인체에 대한 투과성을 저하시키는 것이 있으므로 주의가 필요하다. 또한 음파영동법을 행하는 데 있어서는 당연한 말이지만 환자의 증상에 따른 구체적인 초음파치료의 내용에 대해 사전에 의사와 면밀히 이야기 한 후 실시하는 것이 중요하다. 약제침투법의 치료효과에 대해 Wing(1982)은 하이드로코티손을 이용한 음파영동법을 악관절증 환자에게 실시한 결과 가동범위가 증가되고 통증이 경감되었다고 보고했다.

IV. 결 론

손상된 조직에 열을 적용하는 것은 통증의 경감과 근경련의 감소를 목적으로 물리치료에 있어 가장 흔하게 적용되어 왔다. 또한 관절의 강직을 감소시키고, 혈류량을 증가시키며, 교원조직의 증가를 포함한 온도상승의 생리적 효과를 이끌어 내기 위한 것이다.

가열인자는 표면열과 심부열로 구분되며, 표면가열 인자는 피부와 약 1cm 깊이의 조직을 상승시키며, 심부열 인자는 조직 내 3cm 또는 더 깊은 영역까지 온도상승을 유발할 수 있다.

본 연구에서는 표면열과 심부열 인자의 생물학적 효과와 원리를 문헌 고찰을 통해 알아보았으며, 앞으로 열인자에 따른 임상 및 실험적 연구가 더 많이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

〈참 고 문 헌〉

- 下坂充 : クリニカル , デイジジョン , メイキングの理學療法への試みI - 理學療法への適用 - , 理學療法 13:285-186, 1996.
- 岩倉博光, 暗唱力, 土肥信行編 : 痛みのマネジメント慢性疼痛症候群. 義歯藥出版, 1992.
- 木村貞治 : 臨床評價とデータベース. 理學療法 8 :107-117, 1991.
- Abramson, DI, et al : Changes in blood flow, oxygen uptake and tissue temperatures produced by the topical application of wet heat. Arch Phys Med Rehabil 42:305, 1961.
- Backlund L, Tiselius P : Objective measurement of joint stiffness in rheumatoid arthritis. Acta Rheum Scand, 13 : 275-288, 1967.
- Castel JC : Therapeutic ultrasound. Rehabil Ther Prod Rev, pp.22-32, 1993.
- Chastain, PB : The effect of deep heat on isometric strength. Phys Ther 58:543, 1978.
- Cobbold, AF and Lewis, OJ : Blood flow to the knee joint: Effect of heating, cooling andadrenaline. J Physiol 132:379, 1956.
- Crockford, GW and Hellon, RF : Vascular responses in human skin to infra-red radiation. J Physiol 149:424, 1959.
- Currier DP, Kramer JF : Sensory nerve conduction : Heating effects of ultrasound and infrared. Physiother Can 34 :241, 1982.
- Draper DO, Anderson C, Schulthies SS, Ricard MD : Immediate and residual changes in dorsiflexion range of motion using an ultrasound heat and stretch routine. J Athl Train 33 : 141-144, 1998.
- Draper DO, Sunderla S et al : A comparision of temperature rise in human calf muscles following applications of underwater and topical gel ultrasound. J Orthop Sports Phys Ther 17 : 247-251, 1993.
- Dyson M : Mechanisms involved in therapeutic ultrasound, Physiotherapy 73 : 116-120, 1987.

- Evsemeka CS : The effects of therapeutic ultrasound on tendon healing. A biomechanical study. *Am J Phys Med Rehabil* 68 :283-287, 1989.
- Fischer E, Solomon S : Physiological response to heat and cold. In Licht S(ed): *Therapeutic heat and cold*, 2nd ed, Waverly Press, Baltimore, 1965.
- Gersten JW : Effect of ultrasound on tendon extensibility. *Am J Phys Med*, 34 : 269-362, 1955.
- Hardy JD, Wolff HG, Goodel H : Studies on pain. A new method for measuring pain threshold : observations on spatial summation of pain. *J Clin Invest* 19: 649-647, 1940.
- Horvath, SM and Hollander, JL : Intra-articular temperature as a measure of joint reaction. *J Clin Invest* 28:469, 1949.
- Halvorsen, GA : Therapeutic heat and cold for athletic injuries. *Phys Sports Med* 18:87, 1990.
- Johnson, JM and Park, MK : Effect of heat stress on cutaneous vascular responses to the initiation of exercise. *J Appl Physiol* 53:744, 1982.
- Krusen, EM, et al : Effects of hot packs on peripheral circulation. *Arch Phys Med* 31:145, 1950.
- Lehmann JF, DeLateur BJ : Therapeutic heat. In Lehmann JF(ed) : *Therapeutic Heat and Cold*, 3rd ed. Baltimore, Williams and Wilkins, 1982.
- Maxwell L : Therapeutic ultrasound : Its effects on the cellular and molecular mechanisms of inflammation and repair. *Physiotherapy* 78 : 421-426, 1992.
- Mense S : Effects of temperature on the discharges of muscle spindles and tendon organs. *Pfluegers Arch*, 374 : 159-166, 1978.
- Michlovits SL : *Thermal agents in rehabilitation*. FA Davis, 1990.
- Nussbaum. EL, Biemann I. Mustard B : Comparison of ultrasound ultraviolet-c and Laser for treatment of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. *Phys Ther* 74 : 812-825, 1994.
- Pholmann R et al : Hiedmann' s ultraaschallforschung. *Dtsch Med Wchschr* 65 : 251, 1939.
- Randall, BF, Imig, CJ, and Hines, HM : Effects of some physical therapies on blood flow. *Arch Phys Med*33:73, 1952.
- Starkey C : *Therapeutic modalities for athletic trainers*. FA Davis, 1993.
- Wessman MS, Kottke FJ : The effects of indirect heating on peripheral blood flow, pulse rate, Blood pressure and temperature. *Arch Physiology Vol 2*, ed 13. CV Mosby, 1974.
- Wing M : Phonophoresis with hydrocortisone in the treatment of temporeman-dibular dysfunction. *Phys Ther* 62 : 32-33, 1982.
- Ziskin MC, McDiarmid TM, Michlovitz SL : Therapeutic ultrasound. In : Michlovits SL ed : *Thermal agents in rehabilitation*. 2nd ed. FA Davis, 1990, pp.134-169.