

고유수용성 척수 반사(proprioceptive spinal reflex)를 응용한 근골격계 치료 기법의 고찰

고은상* · 이종화*, 송윤경**

* 경희대학교 일반대학원 학과간협동과정 동서의학과

**경원대학교 한의과대학 한방재활의학과

A Study of Manipulative Treatments for Musculoskeletal Problems Applying Proprioceptive Spinal Reflex

Eun-Sang, Ko, O.M.D*, Jong-Hwa, Lee, O.M.D*, Yun-Kyung, Song, O.M.D.**

* Dept. of East-West Medicine, Graduate School, Kyung-Hee University.

**Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, College of Oriental Medicine, Kyung-Won University

Objectives: To review recent findings from physiologic research about the nature of proprioceptive spinal reflex, proposed explanation for mechanisms of musculoskeletal problems associated with proprioceptive dysfunction and techniques controlling this problem.

Methods: MEDLINE databases were searched using various combinations of the keywords proprioception, spinal reflex, somato-somatic reflex, spinal manipulation, muscle spindle, Golgi-tendon organ, along with searching the related articles and textbooks.

Results and Conclusion: Proprioceptors(muscle spindle, Golgi-tendon organs) monitor the position of joints, tension in tendons and ligaments, and the state of muscular contraction. Disturbed activity of proprioceptive spinal reflex can cause chronic state of increased muscle stiffness, pain, deficiencies both in muscle coordination and proprioception, and so on. All kinds of techniques that control proprioceptive primary afferent neurons can affect the motor control system and evoke changes in the neuromuscular system.

Key words: Proprioception, Spinal reflex, Muscle spindle, Golgi-tendon organ, Somato-somatic reflex

I. 서 론

초창기 해부학과 고전 물리학에 근거해 인식한 인체 구조는 뼈와 근육으로 구성된 삼차원적 구조물이었다. 그러나, 최근 근막과 신경 계통을 비롯하여 인체의 구조와 움직임에 대한 이해가 깊어짐에 따라 인체 구조를 기존의 선형적, 기계적 관점에서 벗어나 비선형동역학의 법칙을 따르는, 통합적인 정보체계로서 인식하는 경향을 보이고 있다. 인체의 동작과 움

직임은 전신을 아우르는 근막 체계 및 신경계 반사에 의해 전신적이고 다중적인 상호 연관성을 갖고 있다¹⁾.

특히 인체는 중력에 저항하여 직립을 유지한다는 독특한 구조적 특성으로 인해 고유수용기의 정밀한 기능과 협조를 필요로한다. 많은 관절로 이루어진 인체가 발이라는 좁은 면적으로 지면을 지지하면서 몸 전체의 직립을 유지하고 동작을 수행하는 것만 보더라도 이들 고유수용감각의 중요성을 짐작할 수 있을 것이다. 고유수용기는 관절의 위치, 건과 인대의

장력 및 근육의 수축 상태를 모니터한다. 건에 걸리는 장력을 모니터하는 골지건기관(Golgi-tendon organ)과 골격근의 길이를 모니터하는 근방추(muscle spindle)가 그 대표적인 예이다. 이들 수용기로부터 유발된 고유감각 정보는 후주경로(posterior column pathway), 척수 소뇌경로(spinocerebellar pathway)를 통해 뇌로 전달되어 골격근의 긴장 조절 및 정상 자세와 균형 유지에 기여한다²⁾. 신체에 가해지는 직접적인 외상이나 비정상적인 스트레스는 조직의 손상 뿐 아니라 신경반사패턴의 왜곡을 유발한다. 손상된 관절을 둘러싸고 있는 고유수용기에서 시작된 방대한 구심성 신경의 정보는 관련 근육의 비정상적인 긴장과 부조화를 야기함으로써 통증뿐 아니라 자세 및 동작의 이상을 일으키게 되는 것이다³⁾.

근골격계 문제를 치료하는 치료법의 효과들 역시 어떠한 형태로든 관련 근육의 고유 감각 수용기의 소통을 통해서 나타나게 된다. 구축된 근막의 해소나 가동술, 테이핑, 침치료, 기공 등 결합 조직 내에 생체 역학적으로 유도된 스트레스 패턴을 제거하는 치료는 중추 신경계로 가는 일체의 구심성 고유 감각 신호를 감소시키고, 주위 근막의 생체 역학적 요소와 고유 감각 수용기 요소가 바람직한 방향으로 변화될 수 있도록 하는 것이다. 조직의 스트레스를 감소시켜주는 이러한 기법들은 신체의 정렬 상태를 회복하고 또 이를 유지하는데 필요한 신경근의 긴장을 조절하는 역할도 하는 것으로 보인다³⁾. 아직도 많은 연구가 필요한 상태이긴 하지만, 인체에서 구심성 고유수용감각의 처리 과정과, 이의 조작에 관여하는 여러 종류의 치료법들이 관절의 기능에 미치는 신경생리학적 효과와 기전은 최근 많은 관심을 받고 있는 연구 분야이다.

현재 한방 의료기관을 찾는 근골격계 환자의 수요는 여전히 높으며, 한의학계는 침, 뜸, 부항 등 기존의 전통적인 치료법 외에도 추나요법, 온열요법, 침대요법 등 새로운 치료법으로 이러한 수요에 효과적

으로 부응하고 있다. 본 논고에서는 이러한 치료법들의 근간이 되는 고유감각과 관련한 척수 반사의 일반적인 내용과 고유감각 반사의 관점에서 본 근골격계 기능 장애의 병리 기전을 고찰하고, 임상에서 일반적으로 사용되는 치료 기법 속에 내재 되어 있는 고유수용체 조절을 통한 치료 원리를 살펴봄으로써 근골격계 문제의 진단과 치료에 대한 관점을 정립해보고자 한다.

II. 연구방법

2006년 8월 현재까지 MEDLINE에서 proprioception, spinal reflex, somato-somatic reflex, spinal manipulation, muscle spindle, Golgi-tendon organ 등 key word의 조합으로 저널을 검색하였고, 이와 관련된 기전 및 이론적인 부분은 기존의 서적을 참고하였다.

III. 본 론

1. 고유수용성 척수반사(proprioceptive spinal reflex)

1) 신전반사(stretch reflex)

신전반사(stretch/myotatic reflex)는 골격근 길이의 조절에 관여한다. 이 경로는 일차감각정보로부터 운동 신경 출력이 일어나기까지 단 한번의 시냅스를 갖기 때문에 단일연접반사(monosynaptic myotatic reflex arc)로 분류된다. 신전반사에서의 감각 수용기는 근방추이다.

각 근방추는 작고 분화된 근섬유의 다발인 추내근 섬유(intrafusal fiber)와 이를 둘러싸고 있는 일반 근

섬유인 추외근섬유(extrafusal muscle fiber)로 구성된다. 이 두 섬유의 중요한 차이는 추내근섬유에 γ -motoneuron이, 추외근섬유는 α -motoneuron이 연결한다는 것이다 (Fig.1 참조). γ -motoneuron은 골격근이 수축될 경우 추내근섬유를 수축시켜 Ia afferent를 민감 상태로 유지되게 함으로써 수축 상태에서도 근방추가 외력에 의한 근육 길이 변화에 계속 민감한 상태를 유지하게 한다²⁾ (Fig.2 참조).

이러한 단일연접근장력반사고리(monosynaptic myotatic reflex arc, γ -motoneuron→추내근섬유→Ia afferent→ α -motoneuron→추외근섬유)는

feedback loop의 전형적인 예이다. 적절한 기준점(set-point, 근육의 길이)이 설정되고, 기준의 변위(근육 길이의 변화)가 수용기(Ia axon ending)에 의해 감지되면, 효과기(α -motoneuron & extrafusal muscle fiber)에 의해 보상이 이루어지고, 본래의 기준점(set point)으로 회복된다⁴⁾.

여기서 γ -motoneuron의 작용은 근긴장성 되먹임 고리(myotatic feedback loop)의 기준점(set-point)을 설정하는 역할을 한다. 만일, 갑작스런 염좌(sprain)나 만성적 근긴장과 같이 γ -loop의 교란을 유발하는 상황이 주어진다면 기준점의 부적절한 설

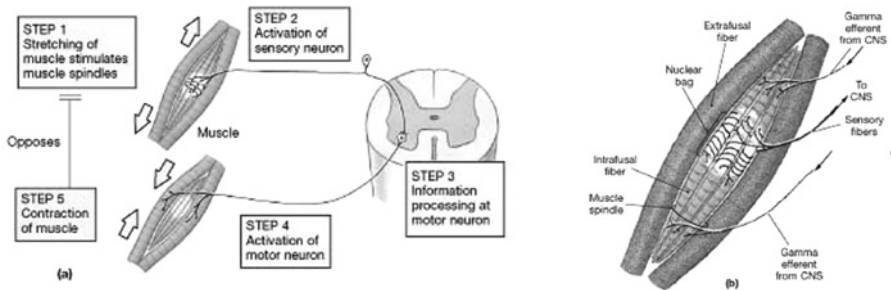


Fig. 1. Components of the Stretch Reflex.
(a)Diagram of the activities in a stretch reflex.
(b)Structure of a muscle spindle

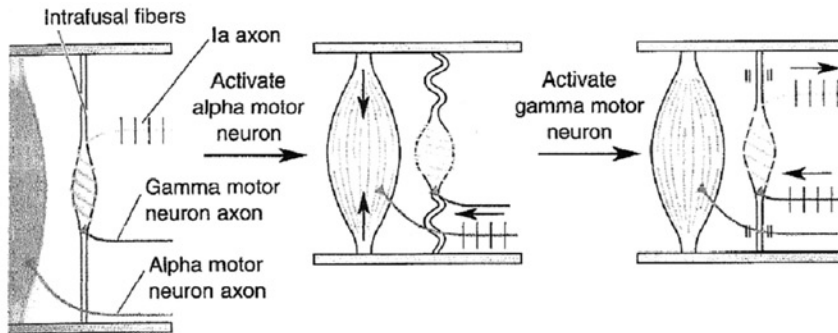


Fig. 2. The Function of Gamma Motor Neurons.

정으로 근길이의 조절을 적절히 하지 못하게 되어 관절 움직임을 제약할 수 있다. 또한, 근방추 구심성 신경(muscle spindle afferent)은 근육 움직임에 대한 고도의 정밀한 감각을 대뇌 피질 영역(cortical area)을 포함한 몇몇 상위신경 부위에 투사함으로써 자세와 동작의 인지에 매우 중요한 역할을 한다⁴⁾.

이렇듯 중요한 근방추 구심성 신경(muscle spindle afferent)의 기능은 γ -motoneurone reflex에 의해 조절되므로 γ -motoneurone에 중계되는 자극들은 고유 감각(proprioception)과 운동조절(motor control)에 중요한 영향을 준다. γ -motoneurone은 뇌로부터의 하행성 정보(descending information), 관절로부터의 반사 정보(reflex input from joint), 근육과 피부의 구심성 수용체 정보(muscle and skin receptor afferent)를 받아들여 이들을 통합 하는 pre-motoneuronal system으로서 작동한다⁵⁾.

2) 골지건반사(Golgi-tendon reflex)

건반사는 근수축시 발생하는 장력을 감지하여 건이 찢어지거나 끊어지는 것을 방지하는 것으로 알려져 왔다. 이 반사를 담당하는 감각 수용기는 골지건기관(Golgi-tendon organ)이라 불리는 신경종말로서 근건연접부에 위치하며 교원섬유들이 신장될 때 자극되어 Ib 감각신경을 통해 자극을 전달한다. Ib afferent는 척수 복측각(ventral root)에서 건을 당기는 근육을 조정하는 운동신경원들에 연결하는 억제성 개재신경원들을 자극한다⁴⁾(Fig.3 참조). 이는 척수 반사의 또 다른 예로 근장력의 역반사(reverse myotatic reflex)이다. 근 장력이 증가할수록 α -motoneurone의 억제는 근수축을 감소시키고, 장력이 떨어지면 α -motoneurone에 대한 억제가 감소하여 근수축이 증가한다²⁾.

그러나, 이렇듯 인대에 걸린 높은 역치(high threshold)의 장력에 반응하는 수용체 외에 최근 정

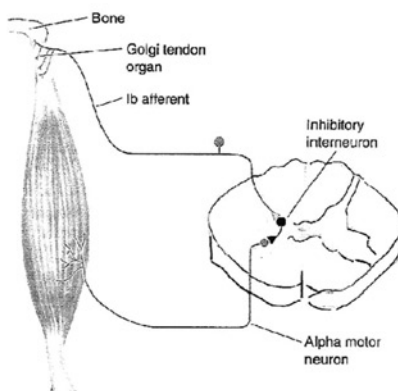


Fig. 3. Circuitry of the reverse myotatic reflex

상 기계적 자극에도 민감하게 반응하는 저역치종말(low threshold ending)의 기능이 보고되고 있다. 즉, 골지건반사(Golgi-tendon reflex)는 근육이 장력의 한계를 벗어나 수축하는 극단적인 상황 뿐 아니라 저역치신경종말(low threshold nerve ending)의 감지에 의해 가동 제한 범위 내 일상의 동작과 자세 유지에 관여하는 작은 움직임도 감지하며, 그 정보를 관련근육의 γ muscle spindle system이나 CNS에 전달하여 근육의 기능에 영향을 미친다⁵⁾(Fig.4 참조). 이러한 방식으로 인대는 관절에 대한 물리적인 지지 뿐 아니라 관련 근육의 조정, 또는 자세와 동작의 조절 등을 통해 관절의 안정성에 기여한다^{5, 6)}. 이는 개별 관절낭에 대한 외상으로 유발된 구조적 문제로부터 회복한 환자들에서 그 관절에 작용하는 근육의 자세 반사 활동이 지속적으로 비정상적이 되기도 하는 이유이기도 하다⁷⁾.

2. 통증과 운동장애, 자세 왜곡의 병리기전

일반적인 근골격계 만성 통증의 병리기전에는 관절과 인대의 구심성 신경 전위, γ muscle spindle system의 반사 조절 그리고, 근육의 강직(muscle

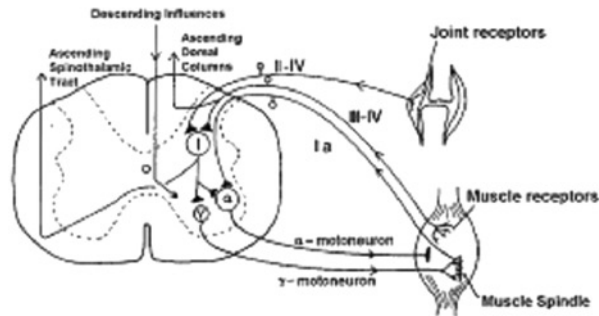


Fig. 4. Schema of the sensory pathways that could modulate γ motoneuron discharge.

stiffness) 등이 관여하는 것으로 간주되어왔다⁵⁾. 만일 자극이 γ muscle spindle에 특정 역치 이상 가해지면, 추내근섬유의 장력을 지배하는 고리(γ motoneurone과 secondary muscle spindle afferents로 구성된 positive feedback loop)가 활성화 된다⁸⁾. 이들 되먹임고리(feed back loop)의 활성화는 장력에 대한 근방추의 감수성을 과민하게 하고, 근육의 강직 상태를 유지시키며, γ muscle spindle system에 관여하는 다른 감각 종말과 하행성 신경로(descending pathway)로부터 오는 신호(input)에 더욱 민감하게 영향을 받도록 한다. 이러한 상황은 여러 조건으로부터 유발될 수 있는데 특히, muscle spindle system에 가해지는 작지만 지속적인 구심 정보(afferent)나 하행성 정보(descending input) 또는, muscle spindle system에 대한 갑작스럽고 과중한 구심성 정보 유입의 결과로 일어날 수 있다. 즉, γ loop의 과도한 발현은 근방추의 구심성 감각 정보를 통해 근육 길이의 비정상적인 변화를 유발함으로써 관절 가동성과 운동성을 제약한다는 것이다⁵⁾. 또한 관절낭에 가해진 손상은 관절낭의 골지건기관에 의해 관련 근육의 γ muscle system과 CNS에 지속적으로 구심성 정보를 전달함으로써 비정상적인 반사 패턴 유지의 원인이 된다.

예를 들어보자면, 편타증(whiplash injury)의 경우 경부의 인대, 관절낭, 건, 근육내의 기계적 수용체나 통각 수용체로부터 구심성 흥분을 유발한다. 이러한 급성적이고 과중한 신호(input)는 손상 관절과 근육의 화학적 신경종말 주변에서 염증 반응을 유발함과 동시에 양성되먹임순환(positive feedback circuit)을 유발하고 근강직(muscle stiffness)으로 이어진다. 근강직으로 근육내 혈류가 감소하고 이온과 대사물질(K^+ , arachnoidic acid, histamine, bradykinin)의 생산 및 배출이 증가한다. 이러한 물질의 농도가 근육 내에서 증가하면 화학적 구심 신경(chemosensitive muscle afferent)을 흥분시키고 γ -motoneurone의 반사 작용을 통해 γ muscle spindle system과 α -motoneurone pools에 추가적인 흥분성을 제공한다. 이러한 상황은 γ muscle spindle system의 양성되먹임 기전, 근육내 화학 수용체의 과활성 그리고, 하행성 경로(descending pathway)에 의해 지속되는 만성적인 근강직 상태와 통증을 유발한다^{5,9)}.

γ -motor system의 과항진은 근긴장 뿐만 아니라 고유 감각을 왜곡시켜 자세의 부적절한 변위도 유발한다. 예를 들어, 요부 다열근의 근방추는 골반과 요천추부의 자세를 조절하는데 중요한 구심성 정보를 제공한다. 하지만, 요부 다열근의 긴장은 근방추를

자극하여 다열근이 신장되어있는 것 같은 왜곡된 감각을 유발함으로 실제보다 허리를 더 굴곡하게 한다. 이러한 요천추부의 자세유지기능의 왜곡은 요통의 과거력이 있는 사람에게서는 다열근의 진동(긴장, vibration)이 없는 상황에서도 관찰된다^{10,11)}.

이렇듯 과항진된 γ loop의 발현은 근강직, 만성 통증, 근협응의 부조, 고유감각의 왜곡, 자세 이상 등을 유발하는 요인이 된다. 항진된 γ loop의 발현을 감소시키거나 고유감각정보(proprioceptive afferent)의 왜곡을 교정하는 조작은 관절의 가동성과 움직임, 자세의 교정을 통해 통증을 치료하는 효과를 나타낼 수 있게 될 것이다.

3. 고유수용성 척추 반사의 응용 기법들

인체의 체성 구조에 가해진 물리적 자극은 이론상으로 이보다 낮은 역치를 갖는 피부와 연부 조직에 분포한 기계적 수용체(mechanoreceptive ending) 즉, 고유수용기(proprioceptor 근방추, 골지건기관), 기계적 수용기, 통각 수용기 등을 활성화시킬 수 있다¹²⁾.

이들 감각 정보들은 척수 후각(posterior dorsal horn)을 경유하여 대뇌로 전달되는데, 척수 후각은 감각정보를 단순히 전달할 뿐만 아니라 조절, 처리한다. 잘 알려진 관문조절설(Gate control theory)에 의하면 두꺼운 유수신경(myelinated A fiber) 자극은 통각을 전달하는 C 섬유의 통각 인지 경로를 차단하여 통증을 억제한다¹³⁾. 고유 수용 감각 역시 이 부위에서 처리, 조절된다. 근육의 경직(spasm)과 같은 상황에서 근방추의 감각 신경 출력(muscle spindle discharge)이 비정상적으로 증가하면 관련 근육의 긴장, 고유수용감각의 왜곡, 뇌로전달되는 구심성 신경 전위(cerebral potential)의 감소 등이 나타난다. 근방추나 골지건기관과 같은 고유수용기에 적절히 가해진 치료적 자극은 근방추의 생체역학적

인 기전을 정상화 시킴으로 관련된 구심성 정보의 왜곡과 지연, 부조화의 문제들을 정상으로 복귀시킬 수 있게 한다¹⁴⁾.

1) 응용근신경학기법(Applied kinesiology technique)

(1) 근방추기법(AK)

근방추기법은 응용근신경학에서 소개된 기법으로 근방추의 기능이상으로 근육이 위약해지거나 과긴장된 경우 근방추의 수기조작을 통해 이를 교정하는 방법이다. 위약한 근육의 경우 해당 근육의 근육에 양 엄지를 올려놓고 서로 멀어지는 방향으로 1~7kg의 압력으로 당기는 시술을 하는 것이다. 치료후 근육은 강하게 검사된다. 반면 근방추 기능 이상으로 과긴장된 근육의 경우는 근방추 양 끝에서 중앙 방향으로 비슷한 정도의 압력으로 밀어준다. 과긴장되었던 근육이 정상상태를 회복했다면 그 근육은 도수 근육 검사상 정상적인 근력을 나타내고, 관절 운동 범위가 제한된 경우라면 관절 운동범위가 증가할 것이다.

이러한 효과는 정상 근육에 대해서는 나타나지 않는다는 점을 유의해야한다. 이 기법은 근육 기능을 비정상적으로 되게 하는 근신경 방추세포의 기능 이상에 초점이 맞추어져 있다. 근신경 방추세포에 대한 수기치료로 근육 기능이 성공적으로 정상화 된다면 외상이 어떤 식으로든 근신경 방추세포의 기능을 교란시켰던 것으로 추정할 수 있다. 여러 가지 이유로 근방추세포가 지나치게 활성화되거나 혹은 활성도가 감소하고 시냅스가 적은 간단한 회로를 통해 신경계로 잘못된 신호를 보내어 상동 근육이나 기타 근육에 영향을 미치는 것으로 보인다¹⁵⁾.

(2) 골지건기관 기법(AK)

이 역시 응용근신경학을 통해 소개된 기법이다. 근방추세포와 마찬가지로 골지건기관은 외상에 의해

기능 이상을 일으키는 것으로 보인다. 골지건기관에 기능 이상이 있으면 근육이 약해지는 경우가 매우 빈번하다. 먼저 촉진으로 기능 이상이 있는 골지 건기관의 위치를 파악한다. 대개 촉진상 근건 접합부에 띄엄띄엄 있는 소결절이 만져지며 손가락으로 누르면 압통이 매우 심할 것이다. 수기치료는 근육을 강화시킬 때에는 근섬유의 배열 방향과 같은 방향으로 근복을 향해 실시하고, 근육을 약화시킬 때에는 근복에서 멀어지는 방향으로 실시한다¹⁵⁾.

(3) 임상응용

AK의 고전적인 근방추기법과 골지건기관기법을 임상적으로 시행한 보고는 검색되지 않았다. 다만, 정상인을 대상으로 한 대퇴사두근 근력강화효과에 대한 보고 1편이 있었으나 유의한 변화는 관찰되지 않았다고 결론을 내었다¹⁶⁾. 이는 Medline에서의 검색 결과이며, Medline 이외 다른 저널에서는 AK에서의 MMT에 대한 신뢰성 및 운동신경원에 대한 효과 등에 대하여 기술한 내용이 있었으나 본 연구에서는 제외하였다.

2) 좌상/역좌상기법(strain/counter strain technique)

(1) 개요

Lawrence는 strain을 주동근은 신장되어있고 길항근은 단축되어있는 상태로 정의했다¹⁷⁾. 근육, 건, 인대 그리고 근막들이 과신전된 상태에서는 신경근 좌상 반사가 수반된다. 정상적인 조건 하에서는 초기의 과긴장된 근육에 통증이 있으나 적절한 시간이 지나면 정상으로 돌아온다. 반면, 이때 과잉 단축된 길항근의 근방추는 비록 비활성화 상태지만 주동근의 급작스런 신장을 비롯한 비정상적인 자극에 의해 γ motor system이 과도히 항진되어 내재섬유들이 단축된 상태를 유지함으로 근방추의 감수성이 매우 민감

해지고 근육도 긴장된 상태를 유지하게된다. 급성 염좌의 경우와 같이 중추신경계의 조절 없이 길항근의 길이가 빠르게 변한다면 신경근방추세포들이 적절히 근육의 길이를 재조절하지 못하게 되고, 내재섬유들은 구축상태가 되어 통증을 유발하게된다. 이러한 상황은 muscle spindle system에 대한 구심성 신경정보 보내지는 하행성 신경신호(descending input)의 작지만 지속적인 항진 또는, muscle spindle system에 대한 감각스럽고 과중한 구심성 정보 유입의 결과로 일어날 수 있다^{18,19)}.

치료는 인체로 하여금 γ -motor system이 적절한 평형을 유지하도록 재조정하는 방법으로 이루어진다. 먼저 국소적인 체성 기능 장애 부위를 참고하여 이상적인 자세로부터 떨어진 부위에서 압통점을 찾는다. 압통점은 대개 신장된 근육의 길항근에 존재하며, 환자들은 무의식적으로 통증을 회피하고 긴장을 완화시키기 위해 압통점 부위를 몸을 구부리는 경향이 있다. 압통점은 γ -motor system이 균형을 잃었을 당시의 자세를 취함으로 제거된다. 가벼운 접촉과 함께 자세의 변화를 미세 조절하여 압통이 최소 70% 이상 감소되는 자세를 찾아 그 자세를 90초간 유지한다. 90초간의 자세 유지 후 수동적으로, 가능한 천천히, 일정한 속도로 중립위치로 신체 구조물을 되돌린다. 이는 γ -motor system으로 하여금 set-point를 정상적으로 재조정할 시간을 부여하는 것으로 보인다^{15,18,19)}.

(2) 임상응용

좌상/역좌상 기법에 대하여서는 극상근의 반복좌상에 대한 효과²⁰⁾와 장경인대 마찰증후군에 대한 임상보고²¹⁾가 있었으며, 특이하게 체장염 환자에 적용한 임상보고가 있었다²²⁾. 이는 좌상/역좌상기법이 잘못된 자세로 인한 반복 손상에 대하여 고유수용성 자극의 교정에 의한 효과를 발휘할 것이라는 것과, 내장기원성 통증(viscero-somatic pain)에도 일정한 효

과가 있을 것이라는 것을 의미하는 것으로 사료된다.

3) 키네시오테이핑(Kinesio-taping)

(1) 개요

키네시오 테이프는 인체 피부의 신축률과 가장 가까운 신축성을 지니도록 고안된 것으로 관절의 고정 외에 건통, 요통 등 근골격계의 장애는 물론 이명, 현훈, 변비등의 내과적 질환에도 효과가 있는 치료 수단이다. 그 효과의 기전은 (1)근육을 조절하고 있는 신경의 흥어짐을 조절, (2)피부와 근막 사이에 간격을 줌으로 거기에 고인 혈액이나 조직액의 순환을 도와 항진된 조직압을 내림으로 압박이나 통증, 이화감을 개선, (3) 피부 및 근육의 자극을 통한 진통 효과, (4)근막의 고정 효과로 설명을 되고 있다²³⁾.

여기에 더해 그 효과는 항진된 γ -motor spindle system의 고정 효과로도 추정해볼 수 있다. 키네시오 테이핑은 신축성 있는 테이프를 근막과 피부를 최대 신전 상태에서 붙임으로써 일상적인 가동 범위 내에서 근막과 피부가 일정 정도의 신전 상태를 유지하도록 해준다. 과긴장된 근육의 근막과 피부에 가해지는 신축성 테이프의 지속적인 신장 효과는 양성피드백임기전(positive feedback loop)에 의해 과항진된 γ -motor spindle system에 치료적인 기계적 구심성 정보를 제공할 수 있을 것이다.

(2) 임상응용

키네시오 테이핑이 신경학적 결함을 가지고 있는, 재활치료 대상이 되는 환자의 재활 프로그램에서 기능회복에 유의한 효과가 있었다는 보고가 있다²⁴⁾. 근골격계에 대한 임상보고는 없었으나 이는 Medline에서 검색이 가능한 저널에서만 결과이므로 다른 임상응용 예에 대한 것은 추후 보완되어야 할 것으로 사료된다.

4) 근에너지기법(Muscle Energy Technique, MET)

(1) 개요

근에너지기법은 정골사인 F.L. Mitchell Sr.과 F.L. Mitchell Jr.에 의해 개발되었다. 이 기법은 신경생리학적 근거에 기초하여 다양한 형태의 근수축과 자극을 통하여 근육과 근막의 신전, 근긴장의 조절, 제한된 관절의 가동성의 증가, 수동적 율혈의 제거 등에 상당히 좋은 효과를 발휘한다³⁾.

근에너지 기법에서 어떠한 형태의 근수축을 사용할 것인지는 기대하는 결과에 따라 달라진다. 단축된 근육을 늘리기 위해서는 등척성 수축을 사용하는데, 등척성 수축을 통해 골격근이 압축되면 근방추 역시 압축되고 근긴장은 감소하게 된다. 이는 진행중인 움직임에 대한 저항을 감소시키는데 도움을 주어 단축된 근육의 신전(stretching)을 효과적으로 수행할 수 있게 해준다. 근력을 증가시키는 데는 등장성 운동을 사용하며 가동술을 병행한다. 골격근이 신장되면서 근방추는 늘어나고 근긴장은 증가된다. 근방추의 신전 자극은 신전에 대항하는 근육의 저항을 제공하여 근력의 증가에 도움을 준다. 이러한 자극은 결국 체성 시스템을 통해 전달되어 교감신경계, γ - α loop, 직접적인 구조 및 자세 관계, 관절의 기능 및 운동성에 영향을 미쳐 일정한 치료 효과를 내게 된다^{3,4)}.

(2) 임상응용

근에너지 기법 시행 후 유의한 경추부 가동범위 증가가 있었다는 보고가 있었다²⁵⁾.

5) 척추 수기 교정(spinal manipulation)

(1) 개요

Korr는 수기요법이 구심성 근방추 신경(muscle spindle afferents)과 가는 구심성 신경(smaller-

diameter afferents)의 전기신호를 격발시킴으로 결국 항진된 γ -motoneurone을 진정시켜 관절가동성을 증가시킨다는 가설을 제시했다²⁶⁾. 항진된 γ loop에 의한 stretch reflex로 유발된 근육의 단축과 관절 가동성의 감소에 대해, 적절히 가해진 수기 자극은 구심성 근방추 신경(muscle spindle afferents, Group I,II)를 자극하고 이는 아직은 밝혀지지 않은 어떠한 신경학적 기전에 의해 γ loop의 과도한 활성을 진정시킨다는 것이다¹⁴⁾.

(2) 임상응용

척추 수기교정은 주로 경향통 및 요통에 대하여 적용되고, 그 효과를 검증하기 위한 연구가 많았으며, 다른 치료방법에 비해 효과적이라는 결과가 대부분이었다^{27,28)}. 그 외 현훈과 두부 정위능력 결함에 대하여 경추 수기교정이 유의한 효과가 있었다는 보고²⁹⁾와 일반적인 척추 수기 교정의 금기증으로 알려져 있는 척추압박이 있는 경우, 척추 수기교정 시행후 별다른 신경학적 증상 및 징후 없이 증상의 호전이 있었다는 증례를 통하여 척추 압박을 척추 수기 교정의 절대적인 금기증으로 간주하지 않아도 된다고 주장한 보고가 있었다³⁰⁾.

6) 침(원위취혈, 좌병우치, 우병좌치)

통증을 치료하는 침의 효과와 신경생리학적 기전에 대해서는 많은 연구가 있어왔다. 이러한 성과는 전통 한의학적 이론으로만 설명될 수 밖에 없었던 침의 치료 의미를 현대의학적으로 재해석하여 학술적으로도 공인될 수 있도록 하는데 기여해왔다. 즉, 침의 효과는 일차적으로 침자극이 일차 구심성 A δ /Group III 섬유를 경유해 척수 회백질 lamina II(SG)의 inhibitory enkephalin성 stalked cell을 활성화시켜 통증의 전달 경로를 차단하는 것으로 설명했다. 또한 free β endorphine과 met-enkephaline

우리가 관여하는 신경내분비기전(neurohormonal mechanism) 그리고, serotonin과 adrenalin 두 종류의 하행성 신경기전을 통해 원위취혈의 진통 효과를 증명했다³¹⁾.

그러나, 이러한 설명은 단순히 침을 진통 수단으로 여기는 것으로 침의 효과를 설명하기에 미흡한 점이 있다. 실제 임상에서 침은 통증 조절 뿐 아니라 관절의 제한된 운동범위마저도 현저히 개선하는 효과를 종종 경험할 수 있기 때문이다. 이는 통증과 관절의 운동범위 제한에 관여하는 지점에 직접 가하는 아시혈 요법 뿐 아니라 통증 부위와 상관 없는 오수혈을 위주로 한 원위취혈로서도 그 효과를 관찰할 수 있다. 연구 방법의 한계로 관절 운동 범위 개선에 대한 침의 효과는 아직 충분한 연구가 되어있지 않지만 신경 반사의 기전을 고려한다면 가능성 있는 가설을 설정하는 것이 가능하리라 본다.

경혈의 위치는 대개 근육의 motor point나 근건연접부에 위치한다. 이 부위에대한 자침과 염전 자극은 근육과 건에 수동적인 장력을 형성하여 근방추와 골지건기관에 대한 활성화를 유도할 것임을 추정할 수 있다. 척수 신경 반사의 기전에 근거해본다면 이러한 자극이 적절히 가해질 경우 해당 근육은 물론 신경근 반사와 관련된 동측 및 대측의 여러 근육들도 이 자극의 영향을 받게되고 이는 γ -motoneuron의 조절을 통해 부적절하게 설정된 myotatic feedback loop의 set point를 재설정할 수 있다. 치료 부위에 대한 대측 취혈에 치료 부위의 동기요법을 추가하는 것은 왜곡된 신경근 반사의 교정 후 재교육 의미에서 해석할 수 있을 것이다. 아직 가설에 불과한 내용이지만 근육의 상관관계와 반사 패턴에대한 보다 구체적인 이해가 동반된다면 이전과 다른 측면에서 근골격계 질환의 통증 및 기능장애를 치료하는 침의 기전을 발견할 수 있으리라 사료된다.

IV. 결 론

1. 인체는 중력에 대항한 직립 구조를 유지하고 움직임에 있어 고유수용성 척추신경의 반사 기전에 의해 보상과 적응을 이루며 생활한다.
2. muscle spindle은 골격근의 길이와 고유감각의 전달에 있어 중요한 역할을 하며 이는 γ -motoneuron의 작용에 의해 단일연접근장력반사 고리(monosynaptic myotatic reflex arc, γ -motoneurone→추내근섬유→Ia afferent→ α -motoneurone→추외근섬유)의 set-point를 형성한다. 부적절한 set-point의 설정은 근육의 강직(stiffness)와 고유감각의 왜곡, 자세의 변위를 유발한다.
3. golgi-tendon organ은 골격근의 장력을 감지하는 것으로 근손상이 유발된 정도의 강한 장력에 대해 근 수축을 억제하는 high-threshold nerve ending 뿐 아니라, 정상 관절 가동범위 내의 일상적인 동작과 자세유지에 관여하는 low threshold nerve ending이 있다. 골지건기관(Golgi-tendon organ)으로부터의 정보는 관련 근육의 γ muscle spindle system이나 중추신경계에도 전달되어 복잡하고 섬세한 척수 신경 반사의 그물망(network)을 형성한다. 골지건기관의 왜곡된 활성 및 조작 역시 인체의 동작과 자세유지, 통증에 영향을 줄 수 있다.
4. 장시간의 자세 유지나 염좌 등의 상황으로 유발되는 근방추나 골지건기관의 비정상적인 구심성 신경정보의 전달은 근육의 긴장, 근조절능력의 저하, 고유감각의 왜곡, 통증의 유발, 움직임 제한 등 다양한 근골격계 문제의 원인이 된다.

5. 인체에 가해지는 수기요법, 운동요법, 물리요법 등 제반 치료법들은 피부, 근육, 인대, 심부조직에 위치한 수용기로부터의 왜곡된 구심성 신경 전달 체계를 교정하는 의미가 있어, 이로부터 비롯된 병리적인 반사 패턴에 의한 증상 즉, 통증, 기능장애, 자세 변위 등의 치료에 작용한다.
6. 추가적인 연구를 통해 척수 신경의 반사 패턴에 대한 보다 구체적인 이해가 깊어지고, 변위된 신경근 반사 패턴을 교정하는 적절한 자극과 기법을 개발한다면 근골격계 질환의 진단과 치료에 도움이 될 수 있다고 사료된다.

참고문헌

1. Myers TW. 근막경선해부학. 서울:현문사. 2005:32-81.
2. Martini FH. The spinal cord and spinal nerves. In: Fundamentals of Anatomy and Physiology. 4th edition. New Jersey:Prentice Hall, 1998:416-43.
3. Schamberger W. Malalignment syndrome, 1st edition, Churchill Livingstone, 2002:371-84.
4. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Spinal control of movement. In: Neuroscience Exploring the brain. 2nd edition, 2001:437-63.
5. Sjolander P, Johansson H, Djupsjöbacka M. Spinal and supraspinal effects of activity in ligament afferents. J Electromyogr Kinesiol. 2002;12(3):167-76.
6. Sjolander P, Johansson H. Influences on the gamma-muscle-spindle system from

- joint mechanoreceptors. In: Taylor A, Gladden M, Durbaba R, editors. Alpha and gamma motor systems. New York:Springer; 1995:137-44.
7. Freeman MA, Wyke B. Articular reflexes at the ankle joint: an electromyographic study of normal and abnormal influences of ankle-joint mechanoreceptors upon reflex activity in the leg muscles. *Br J Surg*. 1967;54(12):990-1001.
8. Wadell I, Johansson H, Sjolander P, Sojka P, Djupsjobacka M, Niechaj A. Fusimotor reflexes influencing secondary muscle spindle afferents from flexor and extensor muscles in the hind limb of the cat. *J Physiol(Paris)*. 1991;85(4):223-34.
9. Johansson H, Djupsjobacka M, Sjolander P. Influences on the gamma-muscle spindle system from muscle afferents stimulated by KCl and lactic acid. *Neurosci Res*. 1993;16(1):49-57.
10. Brumagne S, Cordo P, Lysens R, Verschueren S, Swinnen S. The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back pain. *Spine*. 2000;25(8):989-94.
11. Brumagne S, Lysens R, Swinnen S, Verschueren S. Effect of paraspinal muscle vibration on position sense of the lumbosacral spine. *Spine*. 1999;24(13):1328-31.
12. Gillette RG. Speculative argument for the coactivation of diverse somatic receptor populations by forceful chiropractic adjustments. *Manual Med* 1987;3:1-14.
13. Besson JM, Chaouch A. Peripheral and spinal mechanisms of nociception. *Physiol Rev*. 1987;67(1):67-186.
14. Pickar JG. Neurophysiological effects of spinal manipulation. *Spine J*. 2002;2(5):357-71.
15. 데이비드 윌터. 이승원 윤승일 외 역. 응용근신 경학. 서울: 대성의학사, 2002:104-5.
16. Grossi JA. Effects of an applied kinesiology technique on quadriceps femoris muscle isometric strength. *Phys Ther*. 1981;61(7):1011-6.
17. Ward RC. 대한추나학회 학술위원회 역. Osteopathy 의학의 기초. Foundation for psteopathic Medicine. 서울: 대한추나학회 출판사. 1999:919-30
18. Leon C. Positional Release Technique, 1st Edition. London:Churchill Livingstone. 1996:9-42.
19. Leon C. Positional Release Technique, 2nd Edition. London:Churchill Livingstone. 2001; 99:113-8.
20. Jacobson EC, Lockwood MD, Hoefner VC Jr, Dickey JL, Kuchchera WL. Shoulder pain and repetition strain injury to the supraspinatus muscle: etiology and manipulative treatment. *J Am Osteopath Assoc*. 1989;89(8):1037-40,1043-5.
21. Pedowitz RN. Use of osteopathic manipulative treatment for iliotibial band friction syndrome. *J Am Osteopath Assoc*. 2005;105(12):563-7.
22. Radjeski JM, Lumley MA, Cantieri MS. Effect of osteophathic manipulative treatment

- of length of stay for pancreatitis: a randomized pilot study. J Am Osteopath Assoc. 1998;98(5):264-72.
23. 스포츠키네시오테이핑요법, 加召建造, 橋本辰辛, 한국키네시오테이핑협회 편역, 지역: 출판사. 1977:8-9.
24. Yasukawa A, Patel P, Sisung C. Pilot study: investigating the effects of Kinesio Taping in an acute pediatric rehabilitation setting. Am J Occup Ther. 2006 ;60(1):104-10.
25. Burns DK, Wells MR. Gross range of motion in the cervical spine: the effects of osteopathic muscle energy technique in asymptomatic subjects. J Am Osteopath Assoc. 2006;106(3):137-42.
26. Korr IM. Proprioceptors and somatic dysfunction. J Am Osteopath Assoc 1975; 74(7):638-50.
27. Rogers RG. The effects of spinal manipulation on cervical kinesthesia in patients with chronic neck pain: a pilot study. J Manipulative Physiol Ther. 1997 ;20(2):80-5.
28. Bronfort G, Haas M, Evans RL, Bouter LM. Efficacy of spinal manipulation and mobilization for low back pain and neck pain: a systematic review and best evidence synthesis. Spine J. 2004 Mar-June;4(3):335-56.
29. Heikkila H, Johanson M, Wenngren BI. Effects of acupuncture, cervical manipulation and NSAID therapy on dizziness and impaired head repositioning of suspected cervical origin: a pilot study. Man Ther. 2000 Aug;5(3):151-7.
30. Murphy DR, Hurwitz EL, Gregory AA. Manipulation in the presence of spinal cord compression: a case series. J Manipulative Physiol Ther. 2006 Mar-Apr;29(3):236-44.
31. 이종화, 김지훈, 이웅경, 이지연 역. 침의 과학적 접근과 임상. 서울:대한추나학회 출판사. 2001:71-84.