

능동운동과 수동운동이 운동조절에 미치는 영향

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과
배 성 수
제주한라대학 물리치료과
김 철 용
대구대학교 보건과학부 물리치료전공
황 보 각
대구대학교 재활과학대학원 재활과학과 물리치료전공
정 현 애 · 최 재 원

The Effects of Motor Control with Active Movement and Passive Movement

Bae, Sung-Soo, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

Kim, Cheul-Yong, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Cheju Halla College

HwangBo, Gak, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, School of Health Science, Taegu University

Chung, Hyun-Ae, P.T. · Choi, Jae-Won, P.T.

Major of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

< Abstract >

Active movement is able to actively contract his muscles and move a segment either with or without assistance. This movement maintain physiologic elasticity and contractility of the participating muscles, provide sensory feedback from the contracting muscles and stimulus for bone integrity as well as increase circulation and prevent thrombus formation, in addition to develop coordination and motor skills for functional activities.

Passive movement is the motion to the external force; gravity, machine, another individuals. Active movement is more activated rather than passived on the central nervous system. Therefore, we think that active movement is more effected facilitating through specific inhibitory mobilization of muscle.

I. 서 론

운동(exercise)은 근육에 의해 표현되는 힘, 혹은 자세 유지 등 육체적 활동에 관련된 운동으로 구성되며

(Knuttgen, 1976) 운동은 움직이는 상태로 인체의 특정 근육군의 일부가 제한된 국소적인 운동으로부터 혹은 인체 전체가 참여한 심세한 운동으로 다양하다(김한수 등, 1992). 운동치료는 운동장애가 있는 환자를 치료함에 있어서 활동적인 신체운동을 사용하는 것이라 정의할 수

있으며(김한수 등, 1992) 물리치료가 환자의 근골격계나 심혈관계 안정을 회복하고 향상시키는데 이용하는 중요한 수단 가운데 하나이다. 모든 치료사는 대부분의 환자 문제를 관리하는데 이용될 수 있는 지식과 기술의 토대를 가질 필요가 있다(Kisner & Colby, 1990). 운동치료를 통한 질병극복은 개체나 조직이 이미 익숙해져 있는 상태보다 더 강한 자극을 제공하여 새로운 자극에 적응시켜 능력을 향상시킬 수 있다는데 있다(김진호, 한태륜, 1994).

운동치료는 여러관점에서 분류를 하고 있으나, 대표적으로 '능동운동(Active movement)'과 '수동운동(Passive movement)'으로 나눌 수 있다(민경옥, 1991). 능동운동은 관절을 가르치르는 근육들의 능동적 수축에 의해 자유롭게 행해지는 관절가동범위 내에서의 움직임을 말하는데, 다시 능동-보조운동, 능동운동, 보조-저항운동, 저항운동의 수의적 운동과 불수의적인 반사운동으로 나누어진다. 수동운동은 전적으로 중력, 기계, 개인의 신체와 같은 외력에 의해서 자유롭게 이루어지는 관절가동범위 내에서의 움직임으로, 수의적인 근수축은 일어나지 않으며, 이완운동, 신전운동, 도수교정으로 나눌 수 있다(Kisner & Colby, 1990, Kandel & Schwartz, 1991). 이러한 운동치료의 목적은 동작을 할 수 없기 때문에 일어나는 근위축, 관절 구축 등의 신체결함을 최소한으로 줄이고 특정 근육 또는 근육군의 비효율성과 기능적인 운동의 발전을 저해함이 없이, 정상관절 가동범위를 얻도록 교정하고 정상기능 활동에 있어서 회복한 능력을 사용하여 환자를 격려하고 환자의 재활을 촉진하는 것이다(Kisner & Colby, 1990).

물리치료사들은 신경학적으로 움직임 장애를 지닌 환자들을 평가하고 치료하기 위해 '신경생리학적인 접근법'이라 정의된 많은 이론들을 연구하고 발전시켜 왔다. 과거에는 환자가 가동성의 제한이 있을 때 치료적 접근은 고전적 수동신장운동(passive stretching Ex)을 이용하여 그 부위를 신장시키는 것, 즉 중추신경 손상자의 경련성(spasticity) 제거를 위한 치료적 수단으로 수동적 신장운동과 길항근의 근력강화운동을 실시하는 것이 고작이었다. 그러나 당시의 치료적 처치는 환자 예후의 개선에도움이 되지 않았고, 오히려 경련성을 더욱 악화시킬 뿐이었다. 이러한 한계적 상황 속에서 많은 임상가들은 자신의 치료적인 경험들을 토대로 이론과 치료적 기법들 조금씩 정립하여 발전시키기 시작했으며, 중추신경 손상자에게 단지 치료의 보조적 수단으로만 여겨졌던 운동치료를

가장 적극적인 수단으로 위상을 끌어올리게 되었다(Janet & Roberta, 1987). 그 중에서도 운동 조절이론의 원리는 운동조절이 중추신경계, 근육 골격계, 그리고 생역학의 매우 복잡한 상호작용이라는 점에서 중요하다(김종만과 이충휘, 1998). 따라서 중추신경계는 운동수행(motor performance)을 위해 필요한 것을 인지하고 예견하는 능력을 가지고 있어 운동을 계획하고, 운동 프로그램은 정상적인 근육 골격계와 생역학의 시스템을 통해 실행된다. 정상적인 운동은 근골격계와 중추신경계간의 상호작용으로 가능하고, 정상운동능력은 자연연열, 골격계의 가용운동성, 근력과 근조절과 같은 생역학적 요소와 근수축, 관절운동의 연속성, 기능적 운동을 위해 필요한 특정 패턴의 서로 다른 체분절 운동을 협응할 수 있는 능력에 따르는데, 이것이 운동조절로 중추신경계에서 담당한다(Ryerson & Levit, 1997). 이에 흔히 임상에서 쓰이고 있는 능동운동과 수동운동이 운동조절(Motor control)에 미치는 영향을 알아봄으로써 임상에서 흔히 접하게 되는 중추신경계 환자와 정형 외과적 질환을 가진 환자에게 보다 발전적인 운동치료적 접근을 위한 기초를 제공하고자 한다.

II. 본 론

1. 움직임이란?

인간의 움직임이 어떻게 생성되고 조절되는가에 대한 기전을 밝히고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 움직임의 기본인 수의운동과 자세조정을 엄격하게 구분하기란 불가능하겠지만 몸의 평형을 유지하고 원만한 수의운동을 하기 위한 안정된 자세를 만드는 일련의 자세 반사들을 감별하는 것은 가능한 일이다. 중요한 자세 반사들은 정적인 긴장성 반사가 있는가하면 동적인 위상성(운동성)반사가 있다(민경옥, 1991). 새로운 개념의 운동치료들은 이러한 수의운동과 반사운동이 서로 분리된 것이 아니라는 것에 기초를 두고 있다. 모든 운동행동은 연속체로 보여진다. 움직임은 거의 수의적이고 반사적일 수 있으며 의식적인 조절과 자동반응(automatic response)의 다양한 혼합으로 된 것이다. 즉 대부분의 운동패턴들은 반사운동과 수의운동의 부분적인 결합에 의해 일어난다. 움직임의 장애를 가진 환자의 재활을 위한 치료모형들의 거듭된 발전이 있을지라도 임상에서 행해지는 치료의 기본은 어떻게든 환자의 정상적 움직임을

유도·촉진해 내고자 하는 것이며 이러한 치료기술의 하나로 수동운동과 능동운동이 쓰여지고 있다(Kisner & Colby, 1990).

1) 수동운동

일반물리치료에서의 수동운동이란 능동적인 근육의 수축이 전혀 없으며 외력(external force)에 의해서 신체 분절의 제한을 받지 않는 관절가동범위(ROM) 운동이다(민경옥, 1991). 외력의 종류로는 중력, 기계, 타인, 자신의 신체분절 등으로부터 얻을 수 있다. 수동운동은 주로 환자가 아무 것도 할 수 없거나 신체 분절의 능동운동을 제시할 수 없을 때, 즉 혼수상태(comatose), 마비(paralyzed), 완전한 침상의 안정, 염증성 반응과 능동관절 운동이 통증을 유발할 때, 적절한 수동운동을 통해 장기적인 고정(immobilization)시에 생길 수 있는 여러 가지 합병증을 예방하는데 유용하게 사용된다. 수동운동을 실시할 경우 우선 근위관절을 고정시키고 운동이 일어날 모든 원위분절을 지지해야 한다. 그리고 통증이 없는 범위내에서만 행해져야 하며 완전한 관절가동범위를 천천히, 그리고 부드럽게 운동시키고 절대 갑작스런 움직임(pumping movement)이 일어나서는 안된다(Kisner & Colby, 1990).

수동운동은 관절과 연부조직(soft tissue)의 원상태를 유지시키고, 구축이 형성되는 것을 최소화하며, 근육의 기계적인 탄력성 유지를 위해 순환과 혈관의 역동성을 보조하고, 연골의 영양과 관절내 물질의 확산을 위한 활막운동을 강화시킨다. 그리고 통증을 조절하고, 손상이나 수술 후 치유를 촉진하며, 환자의 운동에 대한 자각력 유지를 돕기 위해 사용된다(Frank, 1984; Kandel & Schwartz, 1991). 비활성 구조(inert structures)를 평가할 때 수동관절 가동범위운동을 이용하고 운동의 제한, 관절의 안정성, 근육과 연부조직의 탄력성을 결정하는 요소가 된다. 또한 치료사가 능동운동 프로그램을 가르치려할 때 수동관절운동으로 원하는 동작을 보여주고, 신장을 준비할 때에도 수동관절운동은 수동신장운동을 사용하기 전 단계로 이용되며, 이러한 과정을 통하여 관절의 고유수용성감각을 향상시킨다. 그러나 의식과 근육의 상태가 정상적인 경우 순수한 수동운동은 어렵고, 근위축과 근력 및 지구력을 증가시킬 수 없으며, 수외적인 근수축을 유발하기 위한 순환을 촉진하는데 제한이 있다(Kisner & Colby, 1990).

Rusk에 의해 분류된 고전적인 운동치료에서 1960년대

에 들어서면서는 많은 과학적 이론을 수용하여 기존의 한계성을 넘어서기 시작하였고 1970년대에는 Mennell, Cyriax, Kaltborn, Maitland, Ola Grimsby 등에 의해 맨손치료하는 새로운 영역이 탄생되었는데, 신경발달치료 개념에서는 인체에서 순수하게 일어나는 수동적인 움직임은 거의 없기때문에 환자가 의식이 있거나 정상적인 근육의 상태에서는 순수한 이완운동을 사용하기가 어렵다. 신경발달치료에서는 수동운동을 환자를 조정하는 방법으로 사용한다. 여기에서 수동운동의 의미는 첫째, 결코 어떤 시간에 단일관절의 운동을 목적으로 하지 않는다. 둘째, 완전범위(all range)의 관절운동은 시키지 않으며 경련성 운동패턴(spastic contraction pattern)을 유발하는 운동은 피한다. 셋째, 치료하는 환자는 이완되어 있지 않기 때문에 경련 조절을 도울 수도 있으며 언제든지 능동적인 보조 혹은 조절을 위한 강조가 가능하다 라는 것을 포함하고 있다(민경옥, 1991).

그런가 하면 Salter와 그 동료들은 통증을 느끼지 않는 범위 내에서 일찍 시작한 계속적인 수동적 관절운동이 손상된 관절에서 연부조직의 초기회복에 크게 영향을 준다고 했다. 과거에는 수동운동이 급성염상, 골절, 수술 후에는 금기시 되어 왔으나, 인체 조직이 부하를 받을 때 기계적 수용기가 자극을 받게 되므로 조절과 수정된 운동의 장점으로 통증이 감소되었으며 회복률도 증가하였다. 초기의 조절된 운동은 환자의 내성을 통제(monitored)할 수 있는 한 내성의 가치를 인정하는 것은 필수적이라 했으며, 수동운동시 체내 세포사이물질에서 GAG의 반감기를 고려하여 적절하게 조절된 운동의 형태로 적용했을 때는 통증을 조절해 주는 효과가 있다는 것이다(Mow 1984).

2) 능동운동

능동운동은 환자가 자신의 근육을 능동적으로 수축할 수 있고 보조없이 또는 보조를 해주어 분절을 움직일 수 있을 때 실시하는 운동으로 근의 수외적 수축에 의해 일어나고 또 조절되는 운동이며 외력에 길항하여 작용한다(Kisner & Colby, 1990). 원리는 첫째, 이 운동은 출발자세에서 앞으로 전진했다가 다시 출발자세로 돌아와 휴식을 취하는 연속적인 운동으로 환자 자신이 현재 있는 능력으로 하는 것이다. 둘째, 운동은 너무 쉽게 시켜도 안되며 너무 어렵게 시켜도 안된다. 셋째, 운동을 하는동안 환자 혼자 두어서는 안되며 치료사가 옆에서 완전한 관절가동범위로 대상작용 없이 유연한 운동을 하는지 지켜보

아야 한다. 넷째, 만약 대상작용이 일어난다면 운동이 너무 어렵거나 아직 능동운동을 할 단계가 아니다. 그래서 능동운동은 환자가 운동방법을 터득하고 목적을 깨닫게 되면 언제 어디서나 특별한 기구나 장비 또는 다른 사람의 협조없이 자유롭게 훈련을 할 수 있다는 것과 자기 자신이 스스로 치료방법을 획득하게 되는 이점도 있지만, 강한 근육에 대해서는 근력을 유지하거나 증가시킬 수 없고, 운동패턴이 사용되는 곳을 제외하고는 기술(skill)이나 협응(coordination)을 발달시킬 수 없으며(Kandel & Schwartz, 1991; Kisner & Colby, 1990), 약화된 근력의 바른 증강을 위해 가끔 환자의 신경근계에 부적당한 요구를 하는 것과 근력의 불균형이 있을 때 신중하게 가르치고 감독하지 않으면 정상적인 운동 양상이 아닌 대상작용을 일으킨다는 단점이 있다.

능동운동은 근수축을 유발로 근력을 증가시키고, 심폐기능의 향상 및 전반적인 신체기능의 향상을 도모한다. 수축에 참여하는 근육들의 생리적인 탄력성과 수축성을 유지할 수 있으며, 수축으로부터의 감각피드백(sensory feedback)을 제공한다. 또한 뼈가 정상기능을 유지할 수 있는 통합성(integrity)을 위한 자극을 제공하고, 순환을 증진시켜 혈전 형성을 예방한다. 협조성과 기능적인 활동을 위해서 운동기능을 향상시키기도 한다. 이러한 능동운동의 기본원칙은 첫째, 시작 자세는 최대의 자세 효과를 얻을 수 있도록 선택해야 하며 둘째, 환자의 협력과 흥미를 유발할 수 있는 방법으로 가르쳐야 하며 운동의 목적과 양식을 모두 이해시켜야 하고 셋째, 운동의 속도는 원하는 효과에 의해 다르며 보통 처음 운동을 배우는 기간에는 천천히 하고 나중에 환자 스스로 정상적인 운동의 리듬을 찾게 하거나 물리치료가 원하는 속도를 지시한다. 그리고 운동의 지속 시간은 환자의 능력에 따라 결정되며 피로가 나타나지 않을 정도로 실시하는 것이다(Kandel & Schwartz, 1991).

환자가 수의적인 근수축은 일어나지만, 근육의 약증으로 인해 관절가동범위의 전범위에 걸쳐 운동을 하지 못할 경우, 환자의 능동적인 근수축과 함께 물리치료사 또는 보조장비의 도움으로 운동을 하는 경우를 능동보조운동이라 한다. 이러한 운동은 약화된 근력이 회복되는 과정이나 능동운동을 할 경우 통증을 호소할 때 흔히 사용되므로 재교육과정의 첫 단계 운동이라 할 수 있다(Ryerson & Levit, 1997). 가동성의 회복을 위하여 사용되는 보조나 외력은 주동근이 동작하는 방향으로 적용한다. 이때 특히 주의하여야 할 것은 운동을 일으키는 근육

에 도움을 주기 충분한 만큼의 보조를 주어야 하지만 너무 강한 보조를 주어서는 안된다는 것이다. 보조가 지나치면 능동보조운동이 아니라 수동운동이 되기 때문이다. 이러한 이유 때문에 보조는 치료사에 의해 행해지는 것이 가장 좋으며 기구를 이용하는 경우에는 신중을 기해야 한다. 능동보조운동이 필요한 환자는 주동근의 약화로 인해 보상운동(compensatory movement)이 일어날 수 있다. 환자의 근력이 회복됨에 따라 보조를 점차 감소시키고 미끄럼판, 현수, 수중부력을 이용하여 근력증강을 도모해야 한다(Kandel & Schwartz, 1991; Kisner & Colby, 1990).

2. 운동조절이란?

운동조절이란 개개인이 한 과제(task)를 수행하기 위해서 자신의 행동을 조절하고 협응(coordination)시키는 기전을 말한다. 이러한 기전은 실행(practice), 반복(repetition), 피드백(feedback)을 통해서 배운다. 수행자(performer)와 관련 있는 내적인 혹은 외적인 요소들에 의해서 운동조절과 운동학습(motor learning)이 제한을 받기도 하고 촉진되기도 한다(이충휘와 권혁철, 1995). 운동조절은 실제로 두 가지 쟁점에 대해서 논의된다. 첫째는 공간에서 인체에 안정성을 주는 것, 즉 자세조절과 균형조절에 대한 것이며 둘째는 공간에서 인체에 운동성을 주는 것 즉 움직임에 대한 것이다. 그러므로 운동조절이란 용어는 움직임(movement)과 자세(posture) 조절을 포함한다(김종만과 이충휘, 1997). 운동조절 연구에 우리는 왜 관심을 가져야만 하는가? 에 대한 대답은 기능적인 제한을 갖고 있는 환자들에게 있어서 운동 조절이상(motor dyscontrol)을 재훈련하는데 많은 시간을 할애하기 때문이다. 그러므로 치료사들을 '운동조절을 응용하는 생리학자(applied motor control physiologist)'라 할 수 있다(Brooks, 1990; Fay와 Horak, 1991). 그러나 움직임의 본질과 원인에 관한 운동조절이론은 하나로 이루어진 것이 아니며, 다양한 이론들로서 뇌가 어떻게 움직임을 조절할까에 대하여 다양한 견해를 반영해 왔다. 어떻게 움직임이 조절되고 학습되어지는지를 설명하기 위해서 많은 이론들이 나오고 있다(Carol과 Giuliani, 1991; Shepard, 1991).

1) 운동조절 이론들의 변화

운동조절은 움직임이 어떻게 생성되고 조절되는가에

대한 기전으로 자세와 움직임 조절을 의미한다(김종만과 이충휘, 1997). 수행자의 정서상태, 동기, 인지, 감각, 생역학적인 요소, 움직임의 유연성 등에 의해 영향을 받는데, 동기, 주의집중, 인지수준이 운동과제를 학습하도록 주의를 돌려 수행하도록 하고, 수행과제와 관련하여 자신의 능력과 무엇을 해야하는지에 대한 목표를 이해하여 학습자가 올바르게 학습하는 환경을 창조하는 것이 중요하다. 감각은 운동학습시 잘못된 것을 발견하고, 환경에 대한 지각력을 높여 말초부에서 생기는 혼란에 스스로 적용하는데 중요한 역할을 하고, 근육자체의 특성과 자유도가 운동조절에 중요한 영향을 미친다(이충휘와 권혁철, 1995). 초창기의 이론모형들은 운동조절에 관해서 수직적 모형(hierarchical model)을 지지하였으나 요즘에는 수평분배모형(distribution of control), 수행자와 환경의 상호작용(performer and environment interactions), 그리고 여러 개의 신경시스템의 통합(the integration of many system)이론을 더 강조하고 있다. 수직적 모형은 운동조절시스템이 하향식의 조직적 구조를 취하여 원시적이고 자동적인 행동을 담당하는 하위중추가 조절된 행동의 세밀한 부분을 담당하는 고위중추의 지배를 받는다는 것이다(Foerster, 1977).

수평분배모형은 상위중추가 하위척수로 직접 정보를 보내는 것이 아니라 하위 중추를 동조시키거나 준비시켜서 동조조정이 되었을 때만 움직임을 수행할 수 있다는 것이다(이충휘와 권혁철, 1995). 수행자와 환경의 상호작용모형은 미리 정해진 행동을 보이는 것이 아니라 환경을 먼저 파악하고 자신의 행동을 적절하게 조화시켜간다는 것이다(Schmidt, 1988). 시스템모형은 신경조직내에서 운동프로그램이나 특정명령 없이 행동을 조절하기 위해 각 시스템들이 상호작용으로 운동이 일어난다는 것이다(Kugler & Turvey, 1987). 운동조절은 움직임에 관한 본질과 원인에 대한 추상적인 구상들로 이루어진 것이다. 이론들은 항상은 아니지만 종종 뇌 기능 모형의 기초가 된다(Foerster, 1977). 여전히 다른 이론들이 행동을 조절하는데 있어서 환경으로부터의 정보의 역할을 강조하는 동안 일부 이론들은 말초적인 영향(peripheral influences)을 강조하고 또 다른 이론들은 중추적인 영향(central influence)을 강조하고 있다(김종만과 이충휘, 1997). 종종 어떤 이론들은 동작을 일으키는 기초가 되는 신경생리와 신경해부 구성의 다양한 측면을 강조한다(Rumelhart & McClelland, 1986). 또한 일부 운동조절이론은 뇌를 블랙박스(black box)로서 이해하고, 변화하는

환경과 상호 작용하는 블랙박스에 대한 규칙을 연구하는 것으로 단순화한다. 이러한 이론들은 임상에서 중추신경계 손상환자들에게 움직임을 가르칠 때 적용될 수 있다. 우리들은 과거 이론들의 제약을 인지하고(Woolacott & Cook, 1990) 새로운 운동조절 모형과 기능 회복에 기초한 새로운 해결점의 가능성이 확대되어 가고 있다는 것을 인식해야 한다.

2) 임상에 적용되는 운동조절이론

어떤 형태의 신경학적 재활이든 치료적 방법을 선택할 때는 운동 행동의 결핍을 해결하고 적절한 치료계획을 위해 운동조절의 신경생리학적 개념을 이용하기도 한다. 치료사는 행동적 과제들에 놓여있는 목적들을 강력히 조직화하는 영향에 대해 평가하여 치료에 이용하는 것이 필요하다(김종만과 이충휘, 1997). 수직적 모형과 관련된 임상에서의 치료는 종종 가장 자동적인 치료적 감각자극(sensory stimulation)에 의해 조절되는 하위단계들로부터 기술적 과제들(skilled tasks)과 같은 수의적으로 조절되는 가장 덜 자동적인(least automatic) 고위단계들로의 진전을 위해 고안되었다(Catalano & Kleiner, 1984). 수직적 모형에서의 연관된 또 하나의 임상적 암시는 운동 신속성(motor flexibility)은 고위단계에서만 나온다는 것이다. 그러므로 치료사들은 환자들이 하위 단계를 벗어나, 각각의 관절과 근육들에 대해 고위 단계의 조절로 갈 수 있도록 돕는 것을 목표로 한다. 시스템 모형의 임상적 의미에서는 움직임들은 행동 목적들을 둘러싸고 구성되는 것을 포함한다. 따라서 고립된 상태에서의 운동 패턴들이나 반사들을 유발하기 보다는 정의 가능한 기능적 과제들을 이용하는데 중요하게 되었다. 이에 치료사들은 특별한 근육 활성 패턴을 활성화 시키기 보다는 다양한 방법으로 운동 결함을 해결하는 방법을 신경계가 배울 수 있도록 도와주려 노력한다. 뇌손상으로 인한 운동결함은 신경조절의 부족을 무릅쓰고 과제 목적들을 달성하기 위한 남아 있는 시스템들의 최선의 시도를 반영하는 임무를 떠맡고 있다(Bauswein, Kolb, Leimbeck & Rubia, 1983).

3. 운동조절에서 수동운동과 능동운동의 의미

체성감각수용기는 운동조절, 운동학습에 관련이 있는 기계적 수용기로 촉각수용기와 고유수용기로 구성된다. 고유수용기는 근방추, 골지건기관(GTO), 관절수용기가

있는데, 근방추는 팔각근에 있는 일차적인 고유수용기로 근육이 신장되는 길이, 속도에 민감한 1차종말과 2차종말로 이루어지고, 능동운동과 수동운동시 반응을 나타낸다(Jahnke & Struppler, 1990). 1차종말은 크기가 크고, 역치가 낮으며, 자극전달속도가 빠른 구심성 뉴런으로 자극받는 근육의 운동뉴런과 혈동근까지 연결되어 있고, 2차종말은 전달속도가 느린 구심성 뉴런으로 중계뉴런을 통하여 운동뉴런과 연결된다(Abbruzzese, Ratto & Favale, 1981; Burke, Gandevia & Macefield, 1988; Scholz & Campbell, 1980).

폴리건기관은 근육의 능동적 신장시에는 고유수용기가 피각세포(putamen cell)를 흥분시켜 반응을 이끌어내는데, 운동기능에 신호를 주는 대구심성 근육(large muscle afferent)의 역할로 근육내에서 나타나는 힘에 관한 정보를 전달한다(Liles, 1985; Prochazka & Wand, 1980). 관절수용기는 인대나 관절낭이 관절범위 밖에 있을 경우, 관절이 수동적으로 움직이거나 능동적으로 움직일 때 방향의 변화, 진폭의 변화, 속도의 변화에 민감하게 반응한다. 이때 관절낭 심층에 위치한 수용기들은 관절이 한방향으로 움직이는 초기에 반응하고, 인대에 분포한 수용기들은 인대에 과도한 스트레스가 가해질 때 민감하게 반응하며, 관절낭, 연골지방층, 인대, 혈관벽에 분포하는 다른 감각수용기들은 동통에 민감할 뿐만 아니라 구심성 관절수용기에 운동감각 정보를 제공하기도 한다(Bruke, Gandevia & Macefield, 1988).

신경발달치료는 중추신경계 환자가 그들의 일상생활 과제를 수행하는 새로운 전략을 개발하게 함으로서 삶의 질을 향상시키기 위한 능동적, 기능적, 재교육 과정으로, 능동운동을 통하여 특정 근육의 운동성 억제를 통하여 운동이 필요한 부분을 촉진시킨다(황병용, 1999). 치료는 환자와 치료사간의 상호작용이다. 치료 목표는 환자가 정상적인 기능을 하는 능력을 갖게 하는 것이며 이것을 획득하기 위해서는 정상적인 운동(normal movement)이 필요하다. 정상운동은 어떠한 운동목표를 이루기 위한 근육의 단계적 활동인데, 어떤 기능을 수행할 때 근육으로 움직이는 것이 아니라 근육의 조절력에 달려있다(Ryerson & Levit, 1997). 정상적인 운동을 촉진하기 위한 일환으로서 치료사에 의해 시작되는 감각자극은 환자로부터의 반응을 촉진하거나 억제하는데 사용된다. 그 자체의 지각들이나 행동 등을 결정하기 위해 자발적으로 작용하기보다는 치료사들에 의해 수동적으로 수정되기를 기다려 신경계를 치료한다는 것이다(Jancet &

Roberta, 1987). 그러나 몇몇 연구에서는 수동적인 경험 이 신경 가역성에 의해 자발적으로 발생된 감각 경험과 동등하지 않다는 것을 보여주었다. Hein과 Held(1967)는 새끼 고양이에게 있어서 시각운동경로 발달의 임계 연령에서의 시각 자극은 끈돌라에 태워져 수동적으로 노출된 동안이 아니라 자발적으로 걷는 동안 경험된 것만이 효과적이라는 것을 보여 주었다. 운동 학습에 관한 문헌들 또한 테니스의 서브와 같은 운동 기술의 학습은 다른 사람이 하는 것을 수동적으로 관찰하거나 그 과제 자체로부터 고립된 그 움직임 패턴의 작은 부분을 연습하는 것보다 결과에 대한 지식(knowledge of results)을 고려한 정식적인 인지 정보를 가진, 목적에 직접적인 과제를 연습하는 것이 더 성취하기 쉽다는 것을 지적했다(김종만과 이충휘, 1997). 운동과제(motor task)의 수행은 계획, 준비, 시작 그리고 모니터를 요구한다(seitz 등, 1990). 이러한 운동의 감각 입력과 운동출력을 조절하는 소뇌의 활동정도를 PET(positron emission tomography)를 이용해 실험하였다. 능동운동시는 동측의 신소뇌 반구와 측부의 후엽에서 뇌척수액의 증가를 보였고, 수동운동시는 소뇌반구와 측부에 증가를 보였다고 한다. 이들의 직접적인 차이는 후엽의 신소뇌 반구와 소뇌핵의 작은 증가로 나타난다. 수동운동시의 뇌척수액은 능동운동의 경우에 있어서 단지 20%를 차지했다. 소뇌신경의 활성도의 약 90%는 감각입력에 관련되어지고 위 실험의 결과로 신소뇌는 감각 정보처리과정과 많은 관련이 있다는 것을 알 수 있었다(Jucptner 등, 1997).

수동운동은 본문에서 거론된 많은 장점에도 불구하고, 움직임의 가장 기본이 되는 근수축을 유발시키지 못하기 때문에 세포막에서의 저분극(depolarization)이 일어나지 않고 시냅스의 변화도 끌어내지 못한다. 이에 반해 능동운동은 어떤 정보가 유입(input)되면서 중추신경계에서 중재된 결과를 이끌어(output)내게 된다. 이 과정은 단순히 개별적인 근육이나 관절의 조절이 아닌 복합적인 행동들에 대한 신경계의 조절과 목적된 변화가 나타난다(Bauswein 등, 1983). 또 수의적 수축을 하면 운동유발전위의 잠시가 짧아지고 진폭이 증가하게 되는데 이를 촉진(facilitation)이라고 정의한다. 촉진이 나타나는 기전으로 아직까지는 확실치 않지만 Hess 등(1987)과 Rossini 등(1987)은 근수축시 근육이나 건의 수용체에서 구심성 신경의 활성화로 척수 운동신경원을 더욱 많이 자극하게 되고 하행 피질척수로의 흥분파의 증가와 동시성(synchronization)이 유발전위를 촉진하다고 했다(한태륜

등, 1996). 수의적 수축력과의 관계에서 1984년 Arendt-Nielson 등, 1985년 Broman 등 및 1987년 Sadoyama와 Masuda는 수의적 수축력이 증가함에 따라 근섬유 전도 속도가 증가한다고 했는데 수의적 수축력을 0에서 100%로 증가됨에 따라 근섬유전도속도가 24-40% 증가되었다고 보고하였다. 신경계는 감각 자극의 수동적인 수령기관이 아니라 자발적으로 그 자신의 지각들과 행동들을 조절하는 방법을 찾는 기관이기 때문에 환자는 반드시 특별한 과제들에 대한 성취 목적으로 동기를 가지고 스스로, 자발적으로 운동 수행을 연습해야만 한다. 자발적이고 자동적인 시스템들은 서로 밀접하게 연관되어 있기 때문에 운동 행동의 성취에 있어서 자발적으로 참여하는 것이 중요하다(Cook & Woollacott, 1995). 치료사들은 또한 환자들이 더 잘 수행할 수 있도록 그들의 행동 결과에 대한 정보를 포함한 언어적 정보를 제공할 수 있다. 서로 다른 감각제들이 어느 특정한 근육 패턴에 고정적으로 연결되어 있다고 생각하지 않기 때문에 감각 되먹임과 결과에 대한 지식이 치료사들에 의해 고유감각, 체감각, 청각 그리고 시각정보를 포함한 모든 가능한 방법으로 환자들에게 제공되어야 한다(김중만과 이충휘, 1997).

III. 결 론

능동적인 수축의 생리적 기본단위인 운동단위(motor unit)는 척수전각세포에서 출발하는데 알파운동뉴런이 활성화되면서 활동전위가 발생하여 운동축삭 말단부까지 전달된다. 신경전달물질인 아세틸콜린이 시냅스간극을 지나 근육의 시냅스후부 막을 활성화시키고 중판활동전위의 활성화를 일으킴으로써 근섬유의 활동전위를 촉발시켜 근수축을 유발하는데, 움직임의 속도와 힘은 활성화된 운동단위수, 흥분율, 활성화된 운동단위의 특성에 따라 결정된다(Rothwell, 1994). 능동운동은 개념(idea), 운동계획(motor plan), 프로그램구성 및 실행 단계 사슬(chain)을 형성하는데, 촉각과 시각의 협응, 고유수용성 정보 등 운동과 감각조직의 통합으로 이루어진다(Bauswein 등, 1983).

최근 물리치료의 발달 경향은 진단과 치료를 위해, 기계 의존보다 치료사의 손에 의한 진단과 치료로 변천되고 있다(배성수, 1998). 특히 뇌졸중에 있어서 조기 물리치료는 매우 중요한 조치로서 중환자실에서부터 판절구축 방

지를 위해 수동관절운동을 시작으로 침상에서 점진적으로 상체를 일으키게 하여, 앉은 자세유지와 휠체어에 앉힌 자세로 이동에 이르기까지 치료사 손의 역할은 매우 크다고 할 수 있다. 신경과적 문제가 해소되면 조기에 기립자세 훈련을 시행하여 고유수용성감각(proprioceptive sensory)을 활성화 시켜 항-중력근(anti-gravity)에 적용하도록 하여 환자 회복에 많은 도움을 주어야 한다. 이러한 고유수용성 감각은 신체의 균형을 유지하는데 필수적으로 작용하여, 손상된 부분에 자극을 전달함으로써 저하된 기능회복에 큰 역할을 하게 된다. 이 신경전달은 인체의 통신망과 같은 역할을 하는 것으로 많은 정보를 피부나 근육 혹은 내장기관에 분포된 감수기를 통하여 수집하고 수집된 정보를 중추신경계에서 통합·조정하여 반응을 나타내게 된다(Rothwell, 1994). 치료에서 치료사들은 수의 운동을 자세 운동과 따로 분리하여 훈련하였지만, 이제는 자세 조절과 수의 운동이 결합된 것을 안다. 수의 운동 이전에 자세 조절을 강화하는 치료전략은 일상생활 동작을 하는 동안 목표 지향적인 과제들을 수행하는 것이 되며, 이와 같은 것은 더 기능적인 균형 조절을 발달시킨다. 지금까지 살펴본 내용을 종합하여 볼 때 인간의 행동 가운데에서 가장 중요한 활동 가운데 하나인 근육활동은 피부나 근육, 피부, 건 등에 분포된 여러 감수기들과 그리고 구심성신경, 중추신경계, 원심성신경들이 서로 정보를 주고받으면서 통합·조정하여 일어난다는 것을 알 수 있다(Jueptner 등, 1997). 그러므로 감수기에 주어지는 정보의 양이 달라지면 신경이나 근육의 흥분성도 일정한 범위 내에서는 변화를 일으킬 수 있다는 것이다. 동물실험과 인간실험을 통해서 운동조절, 운동발달 그리고 운동학습에 관한 이론이 소개되고 있다. 기존의 이론들도 지난 4·50년간 치료에 있어 중요한 이론적인 근거를 제공해 왔다. 재활 프로그램은 환자가 능동적으로 그리고 흥미롭게 참여할 만한 것으로 이루어져야 한다. 매우 좋은 치료의 기본적 요소는 환자에게 의미있는 활동이어야 하며, 특별한 기능을 증진시키는 것이어야 한다. 의미 있는 활동은 뇌에 강력한 효과를 미친다(Rothwell 등, 1982). 비록 중추신경계 손상이 기능의 영구적인 변화나 상실을 초래할지라도 환경, 문화형태 등에 따라 골격근의 특성뿐만 아니라 신경계의 특성도 변화하여 어느 정도 회복이 가능하다는 것이 신경가역성이라 하는데, 시간적, 공간적 중첩의 변화로 인한 시냅스 효율이 중요하다. 그러나, 수동 운동은 근수축이 동반되지 않고, 신경계의 역치는 늘 변화하고 동일한 자극에는 쉽게 피로를 느끼므로 강도나 범

위 및 속도의 변화가 없는 동일한 강도의 반복은 시냅스 후부까지 변화를 시킬 수 없다(황병용, 1999). 때문에 치료시에 적용하는 능동(보조)운동은 정상운동의 감각과 정상운동이 어떻게 수행되는지에 대한 운동감각적 정보를 재조합하는데 중요한 역할을 한다(Ryerson & Levit, 1997). 능동운동은 수동운동보다 중추신경계의 구조에 있어 활성화되는 비율이 더 크고, 운동조절, 특히 시냅스 효율은 학습(learning)과 기억(memory)을 비롯한 행동과 관련이 있는데, 운동 임무(task)를 수행하기 위해 계획하고, 적절한 길항근과의 협응이 이루어지며, 시냅스에서 신경 전달물질의 양이 증가하여 활성화(firing)가 이루어진다. 능동운동을 통한 촉진으로 환자에게 정상운동 경험을 제공하고 정상운동 감각입력에 의해 신경가역성 반응을 재구조화하며 중추신경계를 기능적으로 조직화해야 한다(Liles, 1985).

<참 고 문 헌>

- 김종만, 이충휘 : 신경재물리치료학, 도서출판경담, 1997
- 김민호, 박시복, 이강목 : 근섬유전도속도와 근력과의 관계, 대한재활의학회지, 17(4), 1993.
- 김용주 민경옥, 김용천 : 임상운동학, 현문사, 1991
- 김한수, 배성수, 이현수, 박지환, 홍완성 : 인체의 운동, 현문사, 1992.
- 민경옥 : 운동치료학 II, 대학서림.
- 박경아, 이원택 : 의학신경해부학, 고려의학, 1996
- 배성수, 강순희, 구희서의 9인 : 운동치료학, 대학서림, 1995
- 이재학 : 운동치료학, 대학서림, 1987
- 이충휘, 권혁철 : 고급물리치료 I, 현문사, 1995
- 한태륜, 김진호, 김민옥, 임재영, 이경무, 성덕현 : 정상인에서 운동유발전위의 역할에 대한 연구, 대한재활의학회지 20(4), 1996.
- 황병용 : 성인편마비를 위한 Bobath basic course Note, 1999.
- Abbruzzese G., Ratto S., Favale E. : Proprioceptive modulation of somatosensory evoked potentials during active or passive finger movements in man. J Neurosurg Psychiatry 44(10):942-949, 1981.
- Al-Falahe NA., Naagoka M., Vallbo AB. : Response profiles of human muscle afferents during active finger movement. Brain, Apr;113(Pt2):325-346, 1990.
- Arendt- Nielsen L, Mills KR, Forster A. : Changes in muscle fiber conduction velocity, mean power frequency, and mean EMG voltage during prolonged submaximal contractions, Muscle Nerve 12:493-497, 1989.
- Bauswein E., Kolb FP., Leimbeck B. : Simple and complex spike activity of cerebellar purkinje cells during active and passive movements in the awake monkey. J Physio(Lond), June;339:379-394, 1983.
- Broman H, Bilotto G, DeLuca CJ : myoelectric signal conduction velocity and spectral parameters : influence of force and time, J App; Physiol 58, 1428-1437, 1985.
- Burke D., Gandevia SC., Macefield G. : Responses to passive movement of receptors in joint, skin and muscle of the human hand. J Physiol(Lond), Aug; 402:347-361, 1988.
- Carolyn Kisner & Lynn Allen Colby. : Therapeutic exercise:Foundations and techniques. F.M. Davis, 1985.
- Eric R., Kandel, James H. Schwarts, Thomas M. Jessell : Principles of neural science. Prentice-Hall International Inc., 1991
- Foerster O. : The motor cortex in man in the light of Hughlings Jackson's doctrines. Philadelphia: FA Davis, 1977
- Fredericks & Saladin : Pathophysiology of the motor systems principles and clinical presentations, F.A. Davis, 1996
- Hein A, Held R : Dissociation of the visual placing response into elicited and guided components, Science, 158:390-392, 1967.
- Hess CW, Mills KR, Murray NMF : Respones in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain, J Physiol, 1987.
- Jahnke MT., Struppler A. : Responses of human muscle spindle afferents during isotonic position holding and active movement. Brain Res, May 7;515(1-2): 181-186, 1997.
- Janet / Roberta : Motor relearning programme for stroke, 2nd, William Heinemann, 1987
- John Rothwell. : Control of human voluntary movement. Chapman & hall, 1994
- Jueptner M., Ottinger S., Fellows SJ. : The relevance of sensory input for the cerebellar control of movement. Neuroimage, Jan;5(1):41-48, 1997
- Kisner / Colby : Therapeutic exercise foundations and

- techniques, 3rd, F.A. Davis. 1996
- Knuttgen, HG : Neuromuscular mechanisms for therapeutic and conditioning exercise, Baltimore, University Park Press , 1976.
- Liles SL. : Activity of neurons in putamen during active and passive movements of wrist. J Neurophysiol, Jan;53(1):217-236, 1985
- Prochazka A., Wand P. : Tendon organ discharge during voluntary movements in cats. J Physiol(Lond), Jun; 303:385-390, 1980
- Rossini PM, Caramia MD, Zarola F : central motor tract propagation in man : studies with non-invasive, unifocal, scalp stimulation. Brain Research 1987.
- Rothwell JC, Traub MM, Day BL. : Manual motor performance in a deafferented man. Brain, 1982
- Sadayama T, Masuda T : changes of the average muscle fiber conduction velocity during a varying force contraction, Electroencephalogra Clin Neurophysiol 67, 495-497, 1987.
- Scholz JP., Campbell SK. : Muscle spindles and the regulation of movement. Phys Ther, Nov;60(11): 1416-1424, 1980
- Seitz RJ, Roland PE, Bohm C, et al : Motor learning in man, A position emission tomographic study, Neuro Report, 1: 17-20, 1970.
- Shumway-cook & Woollacott : Motor control theory and practical applications, 1995.
- Susan Ryerson, Kathryn Levit. : Functional movement reeducation. Churchill Livingstone, 1997
- Weeks RA., Gerloff C., Honda M. : Movement-related cerebellar activation in the absence of sensory input. J Neurophysiol, Jul : 82(1) : 484-488, 1999