대한물리치료사 학회지 제2권 2호
KAPT Vol. 2, No. 2, 1995. 6

운동능력향상을 위한 물리치료이론

신구전문대학

김용천 · 황성수

Physical Therapy Theory for Motor Ability

Kim, Yong Chun, R. P. T., M. P. H. · Hwang, Seong Soo, R. P. T., M. A.

Dept. of Physical Therapy, Shin Gu Junior College.

— ABSTRACT —

This article reviews the concepts of motor ability and motor skill and the models, theories, and treatment approaches of motor contorl. Reflex, hierarchical, and systems models of motor control are discussed. And muscle reeducation, neurodevelopment, motor relearning program, and contemporary task-oriented approach is also discussed. We consider that the concept of motor control is being changed and the treatment approach also is being changed. There are a number of reasons, the first is traditional trteatment approach has limitation. Second is theories of motor control is contineously developed. Third is new approach is coming to us. therefore, the therapists shoulder strive for acquisition of motor skill and motor ability. This article hope the successful integration of models and treatment approaches and its application in physical therapy practice

Ⅰ. 운동능력의 개념

1. 운동능력

능력(ability)이란 어떤일을 해 낼 수 있는 힘을 뜻한다(동아새국어사전, 1989).[1] Fleishman은 인간능력(human abilities)과 운동기술(motor skills)의 수행사이의 관련성의 이해를 위한 많은 발달에 기여하였다. 그는 능력(ability)을 "개인의 일반적 역량(capacity)"이라고 정의하였다. 이는 다양한 기술(skills)로서 과제의 수행과 관련되어진다. 즉 운동능력(motor ability)은 "일반적 특성 또는 운동특성의 다양한 수행과 관련되어진 각 개인의 역량(capacity)이다"라고 할 수 있다. 운동기술에서 성공수준은 이러한 역량이 기술의 수행과 어떻게 관련되어지느냐에 크게 의존되어 진다(Higgins, 1991).[8]

운동능력은 하고자하는 활동의 성공적인 실행을 위해 요구되는 신체의 근육운동이나 움직임으로 설명된다(지각운동능력과 같이). 특별한 준거는 수용성(acceptability)과 실행(per-

formance)이다.

작은 운동(fine motor)능력은 타이핑, 피아노 연주, 시계수리, 실궤기 등과 같은 정밀한 과제를 포함한 신경근 협응운동을 말한다. 다른 과제와는 명백하게 정의되고 구분되어지는데 이는 정교성이 높은 눈-손 협응정도를 요구하기 때문이다. 도수(manual)능력은 전형적으로 fine과 gross의 중간방법이다. 일반적으로 공정하게 반복되는 눈-팔-힘든 도수조작 과제이다. 예를 들면 고정작업이나 산업기술영역이다. 기구, 도구, 등은 일반적으로 도수조작의 근원이다. 큰 운동(gross motor)능력은 신체의 큰 근육과 운동을 포함한다. 이는 비록 fine manual gross 사이의 명백한 특징이 없음에도 불구하고 대부분의 운동은 큰 운동으로 간주된다(Higgins, 1991).[8]

물리치료를 요구하는 환자들사이에서 많이 요구되고 있는 것이 운동능력이며, 물리치료사는 이러한 운동능력의 구성하고 있는 요인을 분석하고 연구하여 적합한 치료이론 및 기술을 발전시킬 필요가 있다.

2. 정신운동

운동행동의 폭넓은 다양성은 정신운동계(psychomotor domine)를 포함한다. 행동은 인지(안다는 것 ; cognitive(knowing)),와 감정(느끼는 것 ; affective (feeling)), 또는 정신운동(하는 것 ; Psychomotor (doing))으로 설명된다. 이러한 구분은 완전한 것이 아니며 가끔 서로 의미있게 중복되는 것들이 행동들 사이에서 나타나기도 한다. 이러한 분류가 만들어 진 것은 Singer가 지적한 것 같이 우선적으로 편의상에 의해서이다. 활동이라는 것은 먼저 운동을 적응시키고(orient), 명백한 신체반응은 정신운동(psychomotor)이라는 것을 산출해낸다는 것을 강조한다. 정신운동계는 신체운동과 조절에 관계되어 진다. 이러한 행동은 운동패턴들을 나타낼 때 수행되어지며, 특별히 과제가 섬세하여질때 숙련의 연속을 나타내게 된다. 예를 들면 접촉, 도수조작, 이동, 신체 조절(균형을 유지하는 것과 같이), 예측하거나 또는 하지못한 상황에서 활동이나 일련의 일들을 짧거나 긴 시간을 가지고 공간 안에서 신체나 신체부분의 움직임, 조절을 하는 것 등이다.[24]

이러한 운동을 획득하기 위한 원리나 규칙의 기본과 타당성은 논리적인 단계를 필요로 하지만 그 단계는 말처럼 쉽지 않다. 그 이유는 첫째, 받아들일 수 있는 원리가 대체로 광범위하고 일반적이어서 명백하게 구성되어 있지 못하며 둘째, 예술적인 상황에서 개념적 기초를 형성하는 보다 더 특별한 치료원리의 실제 적용에 있어서 약간의 의문이 있으며 세째, 운동의 본질이 다양한 본질을 가진다는 것이다. 현재 연구는 운동능력을 획득하는 것과 관계된 다양한 영역에 있어서 실시된다. Adams는 운동능력 영역에 있어서 현대 연구와 이론의 상황을 서술하였고 나아가서 보다 더 기본적인 연구의 노력를 요구했다. 그 초점은 일반적으로 숙달된 행동으로 고려되어지는 것들의 공통적인 요인 과 기전에 관한 것이었다. 이러한 정신운동계의 범위는 확정짓기가 어렵다. 그러나 구분하고 분류하려는 시도는 운동행동을 구성하는 다양한 활동에 의해 초래되는 다양한 능력을 묘사하게되며(활동의 지속을 의도하는 것이 아님) 이는 운동능력과 감정특성(태도, 동기)이 숙달, 과제수행, 그리고 행동들에 성공적인 기여를 하고 있는 것으로 보이며 인지적 능력도 신체과제에 포함되어지고 있다(Singer, 1975).[24]

II. 운동기술

1. 행동, 움직임, 그리고 기술

행동(action)은 각 개인에 의해 일어나는 환경에 대한 조작능력이며, 이는 움직임을 통하여 효율성의 정도를 자각하게 해주며 이러한 행동은 개인과 환경사이의 적절한 상호작용방법으로 나타난다. 이와는 달리 움직임(movement)은 개인의 상태나 그때의 환경의 상태에

서 일어나는 것을 말한다. 움직임은 운동문제나 운동기술에서 해결하고자하는 수단을 말하는데 이는 운동학적인 관점으로 해석된다. 기술(skill)은 목표를 성취하고자하는 개인의 능력으로 좁게는 목표를 위해 일어나는 운동학적으로 일관성 있는 운동을 말하며, 넓게는 일관성있는 운동이라기보다는 오히려 움직임의 해결을 위해 상황과 같이 변하는 것이라 할 수 있다(Higgins, 1991).[8]

2. 운동기술의 의미

우리가 행하는 모든 동작들은 별개의 것이라기 보다는 하나의 기술(skill)이며 이러한 것들의 각각은 운동기술(motor skill)이다. 운동기술은 과제의 목표가 성취되도록 요구하는 육체적 운동기술로 정의된다. 기술(skill)이라는 단어는 과제(task)라는 단어의 동의어로 또는 특별한 운동기술을 수행하는데 있어서 수행자의 성취의 질을 지시하는 것으로서 고려되고 있다. 운동기술은 폭넓고 다양하다. 공을 던지는 것, 피아노치는 것과 같은 기술은 운동기술의 일반적인 명명하에 포함된다. 운동기술을 가르치는데 있어서 학습개념과 원리를 쉽게 적용할 수 있는 한 가지 방법은 다양한 운동 경향의 공통적 특성에 기초한 운동기술의 일반적 범주를 발달 시키는 것이다. 이에대해 세 가지 분류 체계가 있는데 이들 각각은 일반적인 운동기술의 공통 특성에 기초하였다. 첫째 체계는 기술에 의해서 요구되는 운동의 정확성에 기초하였다. 즉 기술을 큰(gross) 것과 작은(fine) 것으로 분류 하였다. 둘째 체계는 분리적이든 연속적이든지 기술의 시작과 끝의 관점에서 구분하였다. 세째는 기술이 수행되는 환경의 안정성에 기초하였다. 즉 환경이 안정 또는 닫힌(stable or closed), 또는 변화 또는 열린(open) 것이냐에 의해 분류하였다. 이러한 연구들을 통하여 일반적인 결론들을 이끌어 내게 해주고, 운동기술의 넓은 범위에 관련될 수 있는 적용들을 만들어 준다는 것을 발견하게 될 것이다. 이는 오히려 각각의 기술에 대한 특수상황을 만드는 것이 제한되어 진다는 것을 발견하게 될 것이다.[8]

이러한 공통특성은 하나의 구성요소에 기초하고 있으며, 어떤 유사성이나 공통 요소가 이들 기술 사이에서 보여질 수 있다. 즉, 이는 치료방법을 디자인 하는 데 중요하다. 이 유사점이나 공통점의 두 가지 과제는 연속적인 반응을 포함한다. 즉 과제가 수행되기 위해서 특징적인 운동들이 매우 특정적인 순서로서 수행되어져야 한다. 만약 어떤 운동의 부분을 잊어버렸다면 , 또는 그 순서가 부적절하게 배열되었다면 아마도 이 운동의 성공적인 수행기술은 감소될 것이다. 이와 같이 일반화는 연속적인 반응을 포함하는 운동기술의 치료방법과 관계하여 만들어 진다.

운동학습의 연구를 시작할 때는 두 가지 면을 가진다. 첫째는 무엇이 운동기술이고, 서로 다른 기술들 사이에서 무엇이 구분되는가 하는 운동기술의 분류를 고려하게 된다. 둘째는 다양한 기술들의 공통적 특성을 구분하여 어떻게 범주화 하여 분류할 것인가 즉 분류체계를 고려하게 된다. 이러한 분류과정은 운동기술을 가르치기 위해 운동기술을 어떻게 조절하고 치료할 것인가에 대한 이론적 지식을 적용하는 것과 마찬가지로 무엇이 운동기술인가를 이해하는데 도움을 줄것이다.[13]

3. 운동기술의 분류

운동기술(motor skill)이 무엇이다 라고 정의하기에 앞서 가끔 오해되는 기술(skill)이라는 용어에 대해 먼저 고려해보는 것이 도움이 될 것이다.

4. 활동과 과제로서의 skill

첫째는 기술은 목적을 가진다. 즉, 성취하고자 하는 목표를 가지고 있다. 둘째는 기술은 수의적으로 조절된다. 즉 반사적인 것이 아니

다. 비록 눈깜박거림이 목적이 있고 운동활동으로 분류된다 하더라도 우리가 사용하고자하는 기술의 의미는 아니다. 끝으로 운동기술은 활동이나 과제의 목표를 성취하기 위하여 신체나 사지의 움직임을 요구한다.

치료사의 관심은 인간 모두가 공통적으로 가지며, 각자가 적절하게 실행할 수 있도록 학습되어지도록 요구되어 지는 운동기술이다. 기본적이며 간단한 운동기술인 걷기는 환경에서 움직이려고 시도하는 사람에 의해 이동의 새로운 수단으로서 학습되어 지는 것을 요구한다. 또한 걷기는 기술이며, 이는 인공다리를 가지고 걷기를 배우는 환자가 치료사에 의해 획득되어지는 기술이다. 보다 이론적 관심으로 간주되어질 때 위에서 설명되어진 기술은 운동학습과 조립이론가들이 사용하는 활동(action)의 용어와 같은 의미이다. 즉 활동은 목표지시된 반응이 체간과 사지의 움직임을 구성성분으로 해서 나타나는 것이다. 여기서 중요한 것은 운동의 다양성 또는 운동패턴이 같은 활동을 생성하느냐 하는 것이다.[13]

5. 질적수행의 지침으로서의 skill

보다 혼란되고 애매한 기술 용어의 사용은 숙달된 수행자에 의해 행하여질 때 설명되어진다. 즉 "기술은 수행의 질적 표현이다". 이 의미는 주관적으로 결정되어 지는 것이지만 숙달(proficiency)의 정도를 내포하고 있다. 그러나 숙달은 수행의 생산성 또는 특성에 관련된 어떤 상태로 표현될 수 있다. 이는 기술이 수행의 생산성에 의해 판단된다는 것을 지시한다. 각 개인이 기술있는 수행자로서 표현되는 두번째 의미는 각 개인의 수행의 특성에 기초하고 있다 는 것이다. 이러한 특성은 수행의 일관성, 비의미적 단서에 의해서 혼란시키기 보다는 오히려 의미있는 단서를 사용하며, 그리고 반응이 만들어내는 것을 예견하는 것들을 포함하고 있다. 수행의 질을 구성하는 '기술'이라는 단어는 어떻게 과제의 목표를 개인이 성공적으로 성취하는가에 기초를 두고 있다. 이는 과제 수행의 결과의 측정 또는 성공적인 결과를 초래하는 수행의 특성의 관찰에 의해서 밝혀지게 된다.

6. 운동기술 분류체계

일반적인 범주로 운동기술을 분류하는 것은 기술의 어떠한 구성요인이나 요소가 다른기술에 공통적인가 아니면 유사한가를 결정하는 것에 기초를 두고있다. 즉 기술은 두 개의 범주중의 하나로 분류되어 진다. 그러나 이러한 분류는 별개의 것이라기 보다는 하나 또는 다른 범주화에 맞추어 지도록 통일되게 고려되어지거나, 또는 비관련된 것의 다른 두 범주라기 보다는 연속선의 끝으로서 두 범주의 하나로 고려되어져야 한다. 이 방법은 기술이 하나의 범주에 전체적으로 적합하지 않는 배타적인 다른 범주라기 보다는 하나의 범주로써 보다 밀접하게 협동하는 것으로 분류할 수 있다. 따라서 운동기술 분류는 (1) 운동의 정확성 (2) 운동의 시작과 끝 점의 정의 그리고 (3) 환경의 안정에 기초 하고 있다.[13]

7. 운동의 정확성

운동의 정확성에 기초한 운동기술 분류는 기술이 두 가지 범주 즉 큰운동(gross motor) 기술과 작은(fine motor) 운동 기술이다. 큰 운동기술은 큰 근육을 포함하며 운동의 정확성이 작은 운동기술 만큼 기술의 성공적 실행을 중요시 하지않는 특성을 가진다. 기본적 운동기술로는 걷기, 제자리 뛰기, 던지기, 등이다. 이는 운동의 정확성이 중요한 구성요소로 요구되지는 않는다. 반면에운동의 부드러운 협응이 과제의 기술 있는 수행을 위해 본질적으로 필요하게 된다. 작은 운동기술은 기술의 목표를 성취하기 위하여 신체의 작은 근육의 조절을 요구하는 기술이다. 일반적으로 이러한 기술은 눈-손 협응을 포함하며 높은 수준의 성취로

특별한 기술의 수행을 위해 운동의 정확성의 높은 정도를 요구한다. 쓰기, 그리기, 피나노치기, 쥐기 등이 작은운동기술의 예이다.

이러한 운동기술의 대근육, 소근육 특성의 사용은 물리치료, 작업치료, 특수교육, 체육교육등 여러방면에서 적용되어지고 있다. 그리고 이러한 운동기술의 치료나 훈련에 있어 큰 또는 작은 운동은 함께 관련되어 이루어져야 한다. 치료적상황에 있어서 이러한 분류체계는 공통적으로 사용되어진다. 물리치료사는 보행과 같은 큰운동기술의 치료를 필요로 하는 환자와 함께 일하며, 작업치료사는 작은 운동기술을 배우기 원하는 환자들에게 작업치료를 해준다.

즉 운동의 정확성에 따른 운동기술의 분류는 우선 근육이 그 운동의 목표를 성취하는데 포함된 근육의 형태에 기초로 하였으며 운동기술 분류의 수단으로써 대중적이며 유용한 것을 나타내는 것을 기초로 하고 있다.[13]

3. 시작과 끝의 정의

운동기술 분류의 또다른 의미는 기술의 시작과 끝을 어떻게 명백하게 정의하느냐 하는데 기초하고 있다. 만약 명백하게 정의된 시작과 끝점이 있다면 그때 그 기술은 분리된(discrete) 운동기술로 범주화될 것이다. 만약 제멋대로의 시작과 끝점을 가지고 있다면 그 범주는 연속적(continuous)인 것이 될 것이다. 분리운동기술(discrete motor skills)은 수행자가 성공적으로 과제를 수행하기 위해서 고수해야 하는 정의된 시작과 끝점을 가지고 있다. 연속적 운동기술은 시작과 끝점이 분명치 않다. 수행자 또는 어떤 외력은 기술 그 자체보다는 오히려 그 기술의 시작과 끝점을 결정한다. 과제를 추적하거나, 레이다 화면의 영상을 추적하는 것 등이 또한 연속과제의 예이다. 과제의 시작과 끝점이 수행자에 의해 결정되어지며 과제 그 자체에 의해 특정화 되어지는 것이 아니다.[8]

이러한 분류체계의 사용은 운동기술연구에서 특히 유효하다. 예를 들면 연구는 어떻게 운동을 지속적 기술으로가 아닌 분리된 기술으로 적절하게 조절 할수 있느냐에 대한 어떤 현상들을 발견하게 된다. 어떻게 운동을 조절하는가에 대한 현상이 지속적 기술으로서가 아닌 분리된 기술으로 적용 할 수 있다는 것을 발견할 수 있다. 이러한 분리된, 연속적인 운동 기술 사이의 특징은 특히 인체공학적 조망으로부터 운동기술의 수행을 보는 연구가들에 유용하다 하겠다.[13]

9. 환경의 안정성

1957 영국 실험심리학자 E. C. Poulten은 산업현장과 관련해서 분류체계를 설명하였다. 분류의 기본은 기술이 수행할 수 있는 환경의 안정성이다. 만약 환경이 안정되면 수행은 예측가능하며, 그때 Poulten은 닫힌 'closed' 것으로 기술을 분류하였다. 반대로 만약 기술이 변화를 포함하면 예측불가능한 환경이며 이때 기술은 열린 'open' 것으로 분류하였다. 이의 이론을 확장하여보면 open-closed의 이분법으로서 보다는 연속점의 용어로 재시할수있다. 연속점의 한쪽 끝은 고정되고, 변화없으며 환경적인 상태 또는 closed skills 하에서 고정된 상태에서 기술이 발생 하는 것을 포함한다. 이 용어의 또다른 set는 open-closed 범주와 함께 상호 변화 할 수 있는 것으로 사용되어져 왔다. 이는 self-paced task 또는 skill로서 closed-skill범주와 동의어 이다. Self-paced는 요구되는 행동의 시작이 언제 어떻게 되는지를 수행자가 결정한다면 이는 적절한 명명이 될 것이다. 반대로 externally or forced-paced task or skill은 open-skill과 동의어이며 이는 활동의 시작이 외적근원, 자극에 의해 결정되어 지며 이는 수행자의 활동이 강요 된다. 특히 이러한 체계는 운동기술이 open-closed 연속선에 속해 있을때 보다 분명해 진다. Gentile 등은 이분 분류법 보다 오히려 범주의 4형태를 주장하였다. 이범주는 하나의 반응에서부터 다

음 반응시 까지, 변화와 무변화의 두 가지 형태의 변인과 운동의 실행 동안에 고정과 운동의 두 가지 환경조건을 가진다.

Open-closed 분류체계의 사용은 폭넓게 퍼져있다. Open-closed 기술 범주체계가 많이 사용되는 이유는 이러한 기술 범주가 치료상황에서 가르치는 기술의 형태에 쉽게 적용할 수 있는 운동기술 지도에 관심을 가지는 것에 의해서이다. 또한 이 범주의 기술들은 운동학습연구에 기초한 교수원리를 따르는 공통적 특성을 가지고 있다. 이러한 체계는 실험적 기술과 같이 복잡한 '실제-세상' 기술에 조절하려는 단순성과 기술(ability)에 기인한 운동학습연구에 주로 사용되어진다.[8]

10. 운동기술 획득의 문제

운동기술획득의 논리적인 단계는 적절한 정신운동계 내에서 이루어 진다. 그러나 운동기술은 다음의 이유로 기술획득에 어려움을 가지고 있다. 첫째, 기술획득을 위한 원리가 대체로 광범위하고 일반적이어서 명백하게 구성되어 있지 못하며, 둘째, 예술적인 상황과 같은 운동기술의 경우 일반적인 개념의 기초를 형성하는 것 보다 더 특별한 원리의 실제적용에 있어서의 문제가 있으며, 세째, 운동기술이 가지는 다양한 본질에 의해서 그 어려움을 가지고 있다 (Higgins, 1991).[8]

III. 운동조절

1. 운동조절모델의 변천과정

운동 조절에 관한 모델은 반사모델, 위계모델, 체계모델로 그 연구가 이어져 왔다. 반사모델(reflex model)은 Sherrington의 연구 즉, 특정감각투입이 반사나 전형적인 운동을 산출해 내는 과정으로 시작되었다. 이후 Magnus 등의 중뇌를 제거한 동물실험연구 등이 운동조절의 반사 또는 말초성 모델(reflex, or peripheral model)을 지지하였다. 이러한 모델은 많은 영역에 영향을 주었으며, 평가에 있어서는 반사검사법에 초점을 두었다. Rood(1954), Eldred & Hagbarth(1954)는 이러한 감각투입에 많은 연구를 하여 이에관한 치료방법을 개발하였다. 이 모델의 제한점은 감각투입없이도 원하는 협응운동이 가능하다는 것을 설명할 수 있는 연구 등이 나오면서 제기되었는데 이는 감각투입이 운동의 모든형태에 관여하지 않는다는 것에서 찾아볼 수 있다.[4,14,18]

위계모델(hierachical model)은 Jackson과 Taylor에 의해서 제시되었으며, Schmidt(1991)[22]의 연구가 많이 사용되었다. 이는 운동은 상위에서 아래로(top down) 조절되어진다는 것을 믿는 것에서 비롯되었으며, 상위수준은 중위수준을, 중위수준은 하위수준을 조절한다는 것으로 즉, 위계적인 개념이다. 최근의 위계모델은 운동조절이 특정투입에 대한 반응으로서 선택, 계획, 그리고 운동프로그램의 시작이 중심적으로 일어난다고 주장한다. 그림 1.은 위계모델을 도식화 한 것이다. 이러한 위계모델은 열린고리(open-loop)와 닫힌고리(closed-loop) 체계로 설명되어지는데 이는 그림 2.와 같다 (Connolly & Montgomrey, 1987). 열린고리는 운동을 수행할 때 환류를 사용하지 않는 효과기에 프로그램된 방법을 전달한다. 이러한 위계모델은 비정상운동패턴이나 근육긴장 등이 상위의 단계로 진전되는데 치료목표를 두고 있다. 이러한 위계모델이 가지는 문제는 첫째, 척수절단 고양이가 트레드밀에서 이동하는 것을 어떻게 설명할 수 있느냐? 둘째, 수의운동과 반사수준이 다른 별개의 것이라면 왜 많은 수의적 동작이 반사동작과 유사한가?(ATNR과 공던지기). 위계모델이 신경계 물리치료에 미치는 영향은 크지만 이와같은 문제에 대한 해답이 요구되고 있다.[3,14]

지난 25년간 운동조절에 대한 새모델로 체계(system) 또는 역동(dynamic)모델이론이 대두되었다(Giuliani, 1991 ; Horak, 1991 ; Thelen & Ulrich, 1991)[6,9,25]. 이 모델은 위계모델을

변화시킨 것으로 환경에 대한 상호작용에 촛점을 두었다. 과제수행은 특정한 과제와 환경을 가진 인간의 다양한 체계의 유일한 특성으로부터 이루어진다. 이러한 관점에서 기능적과제(functional tasks)와 환경적배경(environmental context)은 조직적인 운동행동으로 사용되어진다. 여기에도 open-loop, closed-loop 그리고 feedback-feedforward간에 상호작용이 있게 된다. 이러한 운동조절 모델과 이론 그리고 치료접근법을 보면 그림 3과 같다(Mathiowetz & Haugln, 1994).[4]

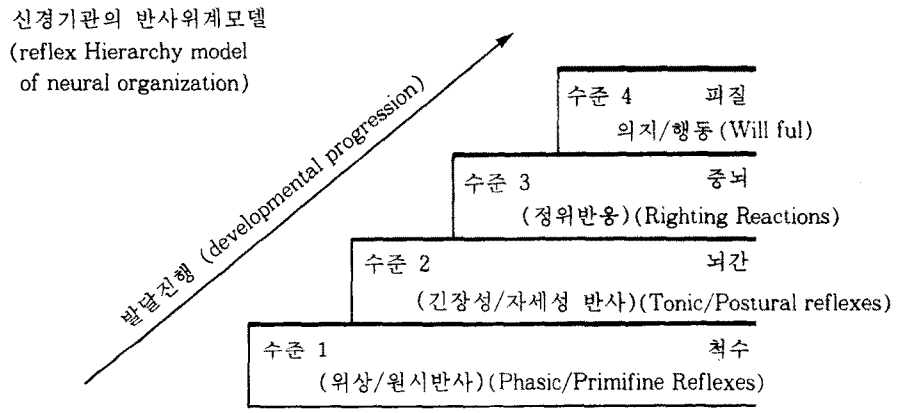

그림 1. 신경기관의 반사위계모델

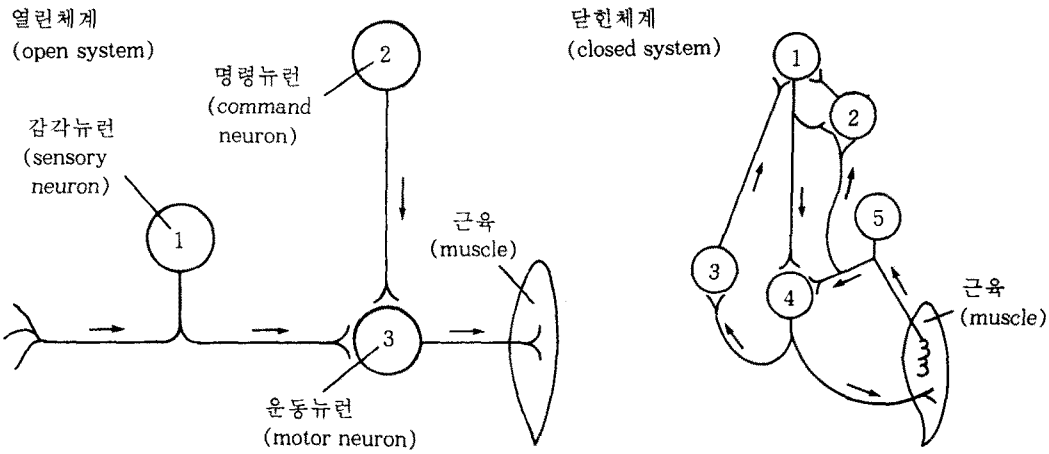

그림 2. 열린체계와 닫힌체계

열린체계는 뉴런 1과 뉴런 2는 뉴런 3에 정보를 주며 한방향으로 이동한다. 닫힌체계는 뉴런 1이 명령뉴런으로 상위에 위치해 있지만 위계적인 순서가 없으며 뉴런 1은 뉴런 2와 뉴런 3으로부터, 뉴런 2는 뉴런 1과 뉴런 5로부터 즉 하나 이상의 다른 뉴런 등으로부터 정보를 주고 받는다.

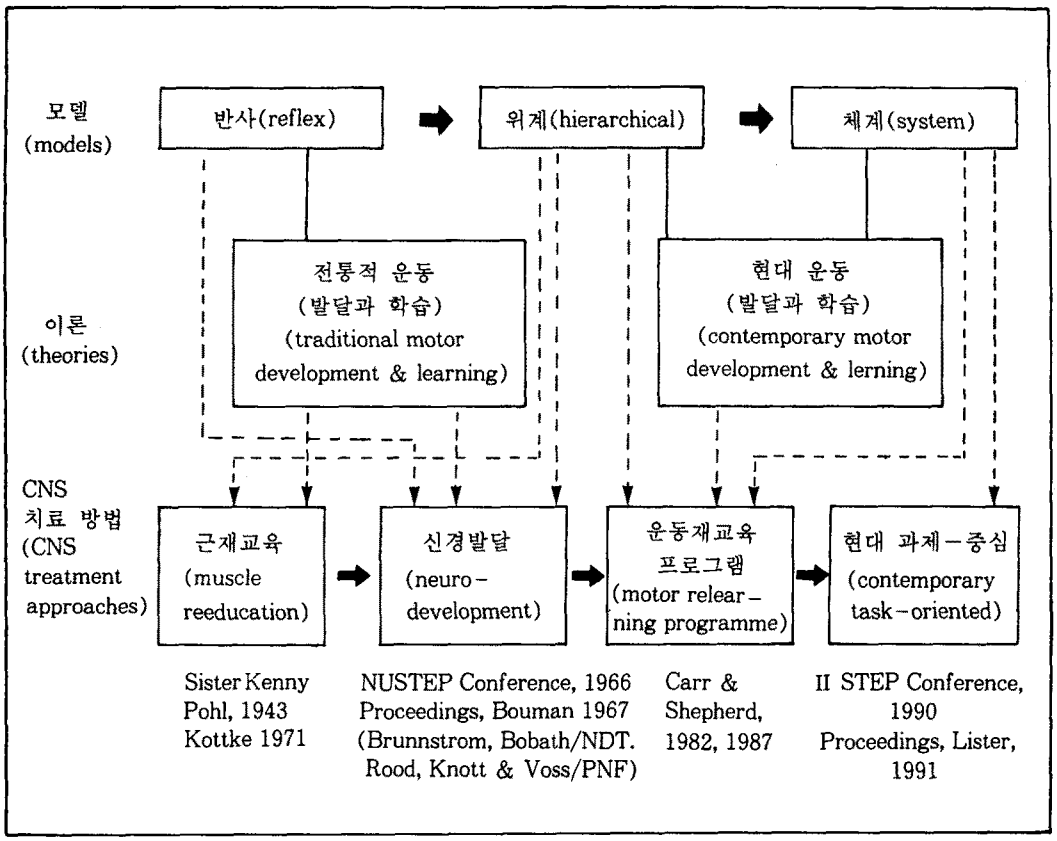

그림 3. 운동조절 모델과 이론 그리고 치료접근법

NUSTEP=Northwestern University Special Therapeutic Exercise Project, NDT=neurodevelopmental treatment, PNF=proprioceptive neuromuscular facilitation.(출처 : AJOT, Vol. 48, No.8, 1994, P.734)

2. 물리치료를 위한 모델

만약 대화 중에 커피 마시는 누군가를 관찰한다면, 컵을 잡기 위해서 팔을 뻗치고, 컵의 크기에 맞게 손가락을 벌리면서 몸을 앞쪽으로 기울이는 것을 보게될 것이다. 그리고나서 컵을 주의깊게 들고 입으로 가져가서 뜨거운 커피를 조금씩 마실 것이다. 이때 말을 잠시 멈추게 되고 몇초 후에는 다시 말을 계속하게 된다. 컵은 입과 탁자 사이 어디엔가에서 손에 들려있다가 끝에는 탁자에 내려놓게 된다. 이러한 관찰은 한편으로는 정상적인 삶을 관찰하는 반면에, 다른 한편으로는 변화되는 상황에서 적응할수있고 유연한 기능을 위해 고안된 훌륭한 생물학적 기계를 보는 것이다. 즉, 움직임을 보는 것이 아니라 지각, 인지 그리고 운동을 가진 활동을 보게된다. 각각의 운동은 항상 인지, 지각, 그리고 운동요소들 사이의 미묘한 상호작용의 결과이다(Mulder, 1991).[15]

이와같이 신경체계의 관찰가능한 결과는 항상 운동이라는 용어의 관점으로 보아지기때문에 인체운동행동의 대부분의 논의에 있어서 운동은 높이 평가될 뿐만아니라 가끔 유일한 요인으로 보아졌다. 독립적인 요소로 보여진 지각과 인지는 운동과는 분리되어서 연구되고 논의되어졌으며, 대부분의 물리치료절차는 전체

를 운동체계에 강조를 두었고 지각과 인지적인 면은 무시되거나 분리되어서 다루어졌다. 이러한 연구는 요소지향적 입장을 정당화하지 못한다는 점과, 운동행동이 종합적이고 적응적인 체계의 산물로서 연구되어져야하는 점에서 논의되고 수정되어져야 한다.

Mulder((1991)는 인체운동행동모델을 제시하였는데 이는 인지, 지각 활동이 분리된 것이 아니라 적응적이며 기능적인 체계의 요소로서의 형태로 제시하였다(그림 4). 이 모델은 물리치료와 관계된 사고의 방법을 묘사한다. 이러한 사고의 방법은 인체행동의 인지적인 관점과 밀접하게 관련되어 있다. 모델은 새로운 것이라기보다는 각각의 부분들이 서로 다른 작용에 참조되어 있다. 이는 Schmidt's(1975, 1982, 1988)[20,21,22]의 Schema 이론에 기초하고 있으며, 또한 Hulstijn과 van Galen 그리고 van Galen과 그의동료들의 강한영향을 받았으며 신경생리학적 관념 또한 중요한 역할을 한다 (Mulder, 1991).[15]

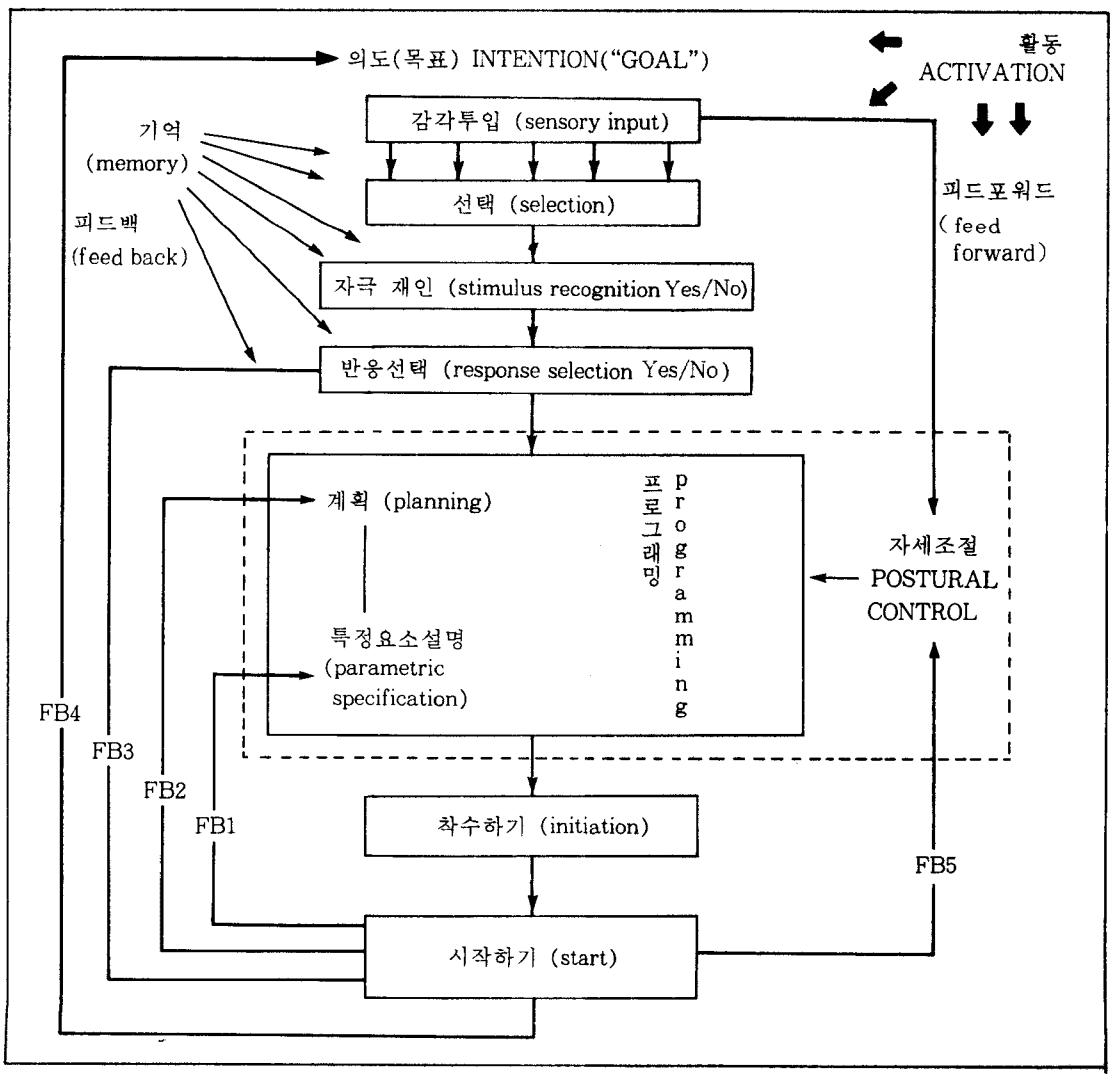

그림 4. 운동조절모델

활동을 수행하는데는 활동성(activation)의 최적수준이 필요하다. 이는 심한 피로, 혼수상태, 어떤 약물 등등, 기관이 더이상 자극에 적절하게 반응할수 없을 정도의 낮은 각성상태로는 활동을 기대할 수 없다.

각 운동은 의도적인 면을 가지고 행해진다. 즉 공간에서 독립적인 운동이나 신체 부분의 전이운동은 일어나지 않는다. 운동은 환경 안에서 목표에 도달하기 위해서 문제를 해결하려는 전략의 견지에서 보여진다(예를 들면 커피잔을 쥔다는 것). 이러한 의도는 획득된 추상적 쉐마의 저장된 레페토리에서 활동화되어진다. 그러나 의도와 활동 사이의 관련성은 명백한것은 아니다.

운동기관은 다양한 투입(시각, 청각, 고유감각, 전정각, 촉각)에 의해 지속적으로 자극을 받는다. 이러한 지속적인 정보모두를 수행시 사용하는 것이 아니라 가장 적절한 정보만을 선택한다. 즉 기관은 환경으로부터 가장 본질적인 정보를 택할 수 있어야 한다. 이것은 아주 중요한 요구조건이다, 그이유는 투입-선택기전(주의)이 손상받았을 때 환경은 논리적 구조를 상실하기 때문이다. 사실은 각각의 정보가 반응을 일으키는데 같은 가치와 같은 잠재력을 가질 때, 기관은 투입에 의해 빠르게 압도당하게 된다. 이러한 선택과정은 미래의 행동반응을 촉진하고 기억을 평가하는 것을 제공하게된다.[14]

자극재인과 기억에 있어서는 투입된 자극이 적절한 가에 대한 결정은 직접적으로 이러한 자극을 식별해 내는 것과 관계되어 있는데, 실제로 투입-선택 단계로부터 재인 단계를 분리하는 것은 불가능하다. 커피마시는 행동을 예로든다면, 컵은 쥘 수 있는 물체로서 재인되며, 이것의 기능적인 유의성은 이미 알고있다. 이 의미는 단지 기억과 접촉되어질 때 알게되나 기억이 구체적이지 못할 때는 각 운동은 보류되어진다. 이러한 기억은 분리된 단계가 아니다. 즉 운동활동의 각각의 단계에서 필요한 기초지식과 관계되어진다. 이와같이 지식과 운동과정과의 상호작용은 운동행동에 있어 매우 중요하다. 사물로부터의 자극은 기능이 무엇인지 예상하는데 중요하다(예를 들면, 컵과 전화기의 쥐기차이).

반응선택은 인간운동행동, 유연성등에 있어 가장 흥미있는면 중의 하나이다. 예를 들면 우리가 컵을 쥔다고 했을 때 쥐는 방법은 운동이 가능한 만큼 많은 운동프로그램이 있지만, 우리는 이 중 한 가지를 선택하여 행동하게 되는데 이는 그컵의 모양에 따라 가장 적합한 방법을 선택하게 된다. 어떻게 가장 적합한 방법을 선택하느냐 하는 것에 대한 대답은 각각의 운동에 대한 기억과 상세한 근육특성 정보를 포함하는 고전적인 운동프로그램으로 설명되어진다. 그러나 각각의 운동은 각각의 고유한 운동프로그램을 가지고 있고, 특징적인 움직임에 대한 설명은 이로써 설명되기 어렵다. 즉 추상적인 개념을 부정한다. 그러므로 프로그램 규칙(programming rule)을 필요로 한다. 예를 들어 손잡이 있는 커피잔을 쥔다고 할 때의 동작은 손잡이 있는 컵을 여러번 쥐어본 경험의 기초에 의해서 원형표상이 형성되어지게되고, 이러한 원형표상은 발달되어진다. 따라서 손잡이 있는 컵을 보면 적합하게 쥐는 방법을 선택할 수 있게 된다. 이는 인지기술획득과 같이 운동조절을 위해 Schmidt와 기타 사람들에 의해 설명된 쉐마규칙과 유사한 개념이다. 이러한 규칙은 인지와 활동사이의 상호작용으로서의 기능인 활동문법(grammar of action)을 형성하게 된다(Mulder, 1991).[15]

프로그래밍은 환경 안에서 획득된 규칙과 실제적인 적용가능한 정보에 기초를 둔 특별한 운동프로그램의 구조이다. 이는 두 가지 과정 즉 계획(planning)과 특정요소설명(parameter specification)을 가진다. 계획은 요구된 활동을 효율적으로 수행하기 위해서 필요로 하는 연속적인 조작의 시간적인 순서를 말하며, 특정요소 설명은 구조하에 있는 프로그램에 주변상황-과제-의존적정보(예 ; 힘 방향)를 첨가하는 것을 말한다.[14]

지금까지의 연속적인 과정은 실제적인 운동이 일어나게 되면 끝나게된다.

환류 1(feedback 1)은 선택된 특정요소설명에 대해서 하위수준에 정보를 준다. 반면에 환류 2는 활동의 결과에 관한 정보를 포함한다. 환류 3은 선택된반응 규칙에 대해 정보를 주며, 환류 4는 결정된 목표와 관련해서 과제수행의 질에 대해 정보를 제공한다. 환류 5는 자세의 조절에 대한 역할을 갖는다. 비록 환류고리의 수가 임의적이고 나타난 도표가 간단하다 하더라도 반응-산출 정보의 총체적인 모델은 운동조절에 있어서 중요한 역할을 수행한다.

Feedforward는 조직이 투입을 준비하기위하여 반응전에 어떤 신호를 보내는 것으로 설명되는데 이러한 준비는 특정성향을 소개하거나 일시적으로 민감성을 증가시키는 형태로 취해지게 된다.

운동은 보여지는 결과이며 이는 연속적이고 수평적인 과정에서 정보가 변화하면서 생기는 복합적인 것이다. 운동활동은 근육-특성, 상세한 운동프로그램의 수단에 의해서 조절되는 것이 아니라 저장된 규칙의 기초위에서 조직되어진다(Mulder, 1991).[15]

3. 환류와 결과에 대한 지식

환류와 결과에 대한 지식(knowledge of results : KR)은 대략 다음과 같이 분류된다. 첫째, 운동하기 위해서 먼저 필요한 적절한 정보(예, 사지의 위치, 환경의 적절한 상황), 둘째, 반응을 진행하도록 인도하는데 적절한 정보(수행의 지식), 세째, 움직임의 결과로서의 적절한 정보 이다. 마지막 환류의 형태는 반응-산출 환류 또는 정보환류로 불리고 있다. 이러한 환류의 형태는 더 나아가 2개의 환류로 세분화 된다. (1) 내재적 환류는 운동의 산출에 본래부터 가지고 있는 정보의 넓은 다양성을 의미한다(예, 근방추 정보, 건 정보, 관절수용기 정보, 청각, 촉각 그리고 시각적 단서). (2) 외재적 환류는 과제에 대해 제공되어진 정보로서 이는 반응이 만들어 질 때 받아 들여지는 환류의 근원에 첨가되는 것이다. 외재적정보는 언어적으로, 기계적으로, 전기적으로 수행의 결과를 지시하는 수행자에게 나타나진다. 이러한 정보는 어떤 정의된 목표와 비교됨으로써 수행에 있어 오류를 재연하는데 사용되어진다.

운동학습에 KR이 본질적인 것으로 간주되었으며 Newll은 KR을 기술 획득의 가장 중요한 변인으로 보았다.

운동 기능 부전을 가진 환자는 감각과 지각 문제를 가지기 때문에 이때 운동과제를 수행하기 위한 자신의 노력의 결과에 대한 정보에 대해서는 완전히 치료사에게 의존하게 된다. 이러한 의존은 특히 과제가 환자에게 새로울 때 그리고 무엇을 하고 어떻게 해야 하는지를 이해해야 할 때, 치료의 첫 단계에서 많이 보여진다. 이 기간동안의 적절하고 일관성 있는 FB과 KR은 아주 효과적이며, 이는 치료사에 의해 큰 관심과 함께 사용되어 진다. 환류와 KR이 치료과정에 있어 매우 중요한 것이고 치료사는 치료를 위해서 KR의 중요성을 인식해야 한다는 것은 명백하다.

실제적인 예를 들면 보행훈련(편마비나 정형외과적 문제)이 치료실에서 쉽게 예측할 수 있는 일반적인 조건하에서 이루어지는 과정인 반면에, 가끔 일상의 상황에 일반화 되지는 않는다(예 : 편편한 바닥, 모래, 자갈바닥 걷기, 장애물의 유무, 소음의 유무, 2차적인 과제와의 연합). 치료 결과의 일반적인 가치를 증진하기 위하여, 연습의 다변성이 증가되어져야 하며 치료는 단지 간단하고 예측 가능한 조건하에서만 일어나는 것이 아니라 다른 조건의 범위하에서도 일어나야하며, 환경의 적절한 면이 치료에 포함되어져야한다. 게다가 가정 훈련 프로그램의 발달이 이루어져야 한다.[15]

Ⅳ. 운동능력향상 치료전략

운동능력을 향상시키는 치료방법은 모델의

변천과 함께 발달 되어왔다. 즉 근재교육방법, 신경발달방법, 운동재교육 프로그램, 현대 과제중심 방법 등으로 이어져 왔다. 이러한 방법들의 목적과 목적과 제한점을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

1. 근육 재교육방법

이 방법은 소아마비를 치료하기 위하여 1940년대 50년대에 Sister Kenny에 의해서 발달되었다. 이방법의 목적은 운동앤그램(motor engrams)을 발달시키기 위한 것으로서 이는 중간뉴런 결합의 통로로 연속적인 속도, 강도 그리고 움직임에 있어 운동활동의 어떤 패턴을 수행하는 신경, 근육의 활동을 포함한다. 앤그램은 운동수행을 삼백만번의 올바른 패턴으로 반복하면 발달되어진다. 즉 운동앤그램은 본질적으로 운동조절의 위계모델에서 운동프로그램과 같다. 비록 근육재교육의 궁극적인 목표가 협응운동패턴이라 하더라도 치료는 인지적인 수준에서 각각의 근육을 조절하는 것을 배워야 하는 방법이다(Mathiowetz & Haugen,1994).

2. 신경발달방법

Rood의 감각운동(sensorimotor)방법, Knott & Voss의 PNF, Brunnstrom의 movement therapy, 그리고 Bobath의 NDT를 포함하는 신경발달적 방법들은 운동조절의 반사모델 위계모델, 그리고 전통적인 발달 그리고 운동학습이론에 영향을 받았다. 즉 신경생리학적 이론적근거가 정상운동행동을 설명하는데 사용되었다. 이러한 신경발달방법에는 여러가지 제한점이 있는데 첫째,경직의 억제(inhibition of spasticity)와 비정상반사(abnormal reflex)는 정상운동과 기능수행에 있어서 필수적으로 일어나는 것이 아니다는 점이다. 둘째, 많은 환경적인 요인이 강조되지 않고 있다. 세째, 환자는 치료사에 의해 선택된 치료방법을 수동적으로 수용하는 입장이 되고있다. 네째는, 환자의 운동조절의 증진이 필요로하는 기능적인 수행의 증진으로 되지 못하고 있다는 점 등이다(Mathiowetz & Haugen, 1994).

3. 운동 재교육프로그램

Carr & Shepherd(1987) 방법은 신경발달방법의 제한점에 대해 개발을 시킨 방법이며 운동행동에 새로운 아이디어를 보여준다. 이는 현재의 운동학습과 기술획득이론에 영향을 주고 있으며 운동조절의 반사모델 과 전통적인 발달과 운동학습이론의 가설을 부인하고 있다. 그러나 이방법은 운동프로그램의 재학습 그리고 치료에 있어 인지의 역할을 강조하는 것으로 최근의 운동조절을 위한 위계모델을 계속 사용하고 있다. 이 방법의 제한점은 운동조절의 두 가지 모델이 현재의 많은 운동행동이론에 의해서 공존할 수 없다는데 있다.[2)]

4. 현대 과제지향방법

현대 과제지향방법은 운동조절의 체계이론에서 도출되었고 현대 발달, 운동학습과 기술획득이론에 의해 영향을 받았다. 이는 중추신경계 손상의 회복은 과제수행을 성취하기위해서 무엇이 남아있는가를 발견하는 과정이다. 그이유는 각각의 환자의 개인특성과 수행상황은 개인적인 특성을 가지기 때문에 이러한 발견은 계속적인 것으로 다양하다. 다양한 요인은 각 환자의 특성(심리, 감각운동, 인지)이 그들의 수행상황(신체, 사회문화, 경제)과 상호관계하여, 손상후에 보여지는 행동변화로 설명되어진다. 이 방법에도 제한점이 있다 즉 아직 발달단계에 있고 평가와 치료전략도 발달중에 있으며 효율성에 관한 연구가 요구되어지고 있다(Mathiowetz & Haugen, 1994).

V. 결론 및 미래전략

1. 운동조절모델

어떻게하면 효율적인 운동조절이 일어나게

하는가 하는 해결에 대해서 다양한 접근방법들을 함께 엮을 수 있는가? 20세기 초기에 행동주의자와 형태주의자는 이러한 방법의 특성을 설명하고, 통일된 용어를 만들어냈으며, 이의 다양한 면들을 강조하였다. 문제해결, 자극, 지각, 반응의 본질, 그리고 중재의 본질과 효과는 이들의 역점의 근원이었다. 산수모델, 신경생리학적 모델, 정보이론, 인공두뇌학(cybernetics=인간의 신경계통과 콤퓨터를 비교연구하여 두뇌의 기능을 연구하는 학문), man-machine dynamics의 출현은 그 문제를 확대시켰다.

운동은 운동조직의 견지에서 한가지로 보여지는 것이 아니라 유기체의 환경과 만접하게 관련되어있는 복합적 통합기능체계의 산출이다. 명백하게도 이러한 기능의 분리는 인지, 지각 그리고 운동 기전 사이에서 생겨지지 않는다. Sperry는 정신과 운동기능 사이의 임의의 분리를 비판하였다. 그리고 Trevarthen은 시지각과 수의 활동의 계획은 함께 깊이 합쳐져 있어서 한가지 뇌 기능의 산출은 의미가 있다고 기록하였다. 보다 최근에 Turvey는 운동조절은 근육-특성 운동 프로그램의 견지에서 이해되지 않는다고 하였으며, 운동학습은 근육조절이나 운동 조절의 습득으로 보는 것이 아니라 프로그래밍 규칙으로 보는 것을 강조하였다. 모델은 이러한 규칙을 어떻게 취득 하느냐를 이해하기 위해서 새로운 관점을 가져야하며 혼란된 운동 분야 대신에 혼란된 망을 반영 하여야 한다고 하였다.[15]

앞에서의 운동조절모델은 이론에 기초한 물리치료 접근방법의 발달을 위해 서술하였다(그림 4). 왜냐하면 인지, 지각 그리고 활동은 분리될 수 없으며, 물리치료는 운동의 재획득과 재조직화에 있어서 오직 직접적인 치료과정으로 보지 않고있다. 이에 운동행동의 회복에 목적을 둔 통합된 이론에 근거한 치료적 절차의 급박한 요구가 있게 된다. 단지 몇몇의 시도만이 이러한 절차를 발달 시켜왔다(Carr & Shepherd, 1987). 따라서 앞에서 제시한 모델이 앞으로의 운동조절을 위한 물리치료에서 적용되어져야 할 모델이라 고려되어진다.

2. 미래치료전략

Lee, Swanson,& Hall(1991)[12]은 운동기술을 획득하는 과정으로서 반복과 인지적 과정을 주장하였다. 즉 단순한 반복이 아닌 다양한 과제를 통한 실행스케쥴을 제시하였으며, multiful-segmented task로 지식을 익히게하여 운동능력을 향상시키는 계획표를 제시하였다. 또한 관찰의 효과로서 반복의 부재를 학습하도록 하였다. 즉 운동기술을 과제의 분석을 통한 부분(segment)을 스케쥴화 하여 관찰과 반복을 통하여 획득하고자 하였다.

Hadders-Algra와 Touwen(1992)[10]은 정상아동과 경한 신경학적 기능부전을 가진 9세아동들의 행동과 학습의 관계를 연구하여 유의한 차이를 보고하였다. 평가는 연령에 따른 표준화된 신경학적 검사기법을 사용하였다. 신경학적 손상유무의 검사항목은 1) 자세와 근육 긴장, 2) 반사(reflexes), 3)협응과 균형, 4) 미세도수조작능력, 5) 무도병모양의 운동장애, 6) 드문 복합적 기능장애등이었다. 그 결과 인지적인 어려움이 행동문제보다 관계되어 있는것을 나타내었다. 또한 기질적으로 중추신경계에 미세한 기능부전에 기초한것과 관련된 인지 문제와 행동의 어려움의 차이는 이러한 문제를 예방하고 치료하는데 중요한 암시를 가지고 있다. 즉 미소뇌기능장애와 인지문제 사이의 관련성이 미소뇌기능장애와 행동사이보다 더 강하다는 보고도 있다.[27] 이와같은 맥락에서 Toglia (1991)는 인지 지각손상에 대한 다변인맥락 접근법을 주장하였다. 이러한 과정으로 첫째 다양한 환경(multiple environment)의 사용, 둘째 전이의 준거 식별, 세째 초인지훈련(meta-cognitive training), 네째 전략과정의 강조, 다섯째 의미있는 활동의 사용을 주장하였다.[26]

Gesior & Mann(1986)은 운동기술을 획득하기 위하여 손가락 신전게임을 통해 흥미와 동기유발을 이용하여 이의 향상을 보고하였으며,

Oliver(1990)는 쓰기시술을 위해 감각운동프로그램을 적용하였다. Mykllebust(1990)는 유아와 아동에 있어 근긴장반사, 운동조절의 발달, 그리고 보행에 관한 보고를 통해서 이들의 운동기술획득과 발달을 연구하였다. Glimer(1985)는 전통적으로는 운동기술의 초점을 활동에 우선하여 두었지만 이는 오늘날에 와서는 행동과 환경에 의해 이루어진다고 강조하였다.[5,7,16,17]

Jarus(1994)는 운동학습에 영향을 주는 요인으로 환경요인(environmental factors), 인지과정(cognitive factors)을 들었으며, Schenkman과 Butter(1989)는 신경학적 기능부전의 개인에게 다변인체계평가, 해석, 그리고 치료를 제시하였다.[11,19]

이와같이 운동조절을 위한 중재에 포함되어져야 할 내용은 의미없는 운동의 반복이 아니라 복합적인 요소가 포함되어져야 한다는 것이 밝혀졌다. 또한 현재 임상에서 적용되는 운동능력을 향상시키기위한 중재(intervention)는 다양하나 적용방법에 있어서 어떤 일관되고 체계적인 방법보다는 치료사의 지극히 개인적인 경험에 의한 방법을 사용하고 있다. 또한 환자들이 가지는 다양성에 적합하도록 다양한 접근법이 포함되어야 되는 치료방법 또한 방법론적인 문제등을 가지고 있다. 이러한 문제점들은 한가지 치료방법으로만 운동능력의 문제를 해결하고자하는 경향에서 비롯된 것으로 보여진다.

그러므로 미래 물리치료가 나아가야할 치료방향은 단순한 반복이나, 근육운동위주의 치료과정과 방법이 아닌 지금까지 전해내려온 운동조절을 위한 모델들과 이론 그리고 다양한 치료방법 즉 전통적인 방법에서부터 현대 과제중심적인 접근방법에 이르기까지의 치료방법들을 성공적으로 통합시켜 보다 발전된 현대물리치료이론 및 치료방법을 연구, 개발하여 이를 현장에서 적용하도록 하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 동아 새국어 사전. 동아출판사. 1989.
2. Carr, JH. & Shepherd,RB.A motor relearning programme for Stroke(2nd ed.). Rockville : Aspen, 1987.
3. Connolly, BH. & Montgomery, PC. Therapeutic exercise in developmental disabilties, Chattanooga : Chattanooga Co., 1987.
4. Eldred, E. & Hagbarth, K. Facilitation and inhibition of gamma efferents by stimulation of certain skin areas, Journal of Neurophysiology, Vol. 17, 59−65, 1954.
5. Gesior, C., & Mann, D. Finger extension game, The American Journal of Occupational Therapy, Vol. 40, 44−48, 1986.
6. Giuliani, CA. Dorsal rhizotomy for children with cerebral palsy : Support concepts of motor control, Physical Therapy, Vol. 71. 248−259, 1991.
7. Glimer, JA. Purposeful activity in motor learning theory : An event approach to motor skill acqusition, The American Journal of occupational therapy, Vol. 39, 28−34, 1985.
8. Higgins, S. Motor skill acquisition, Phys. Ther., Vol.71, 123−139, 1991.
9. Horak, FB. Assumptions underlying motor control for neurologic rehabilitation, In Lister, MJ.(ED.), Contemporary of the 2 STEP conference, Alexandria, VA : Foundation for physical therapy, 1991.
10. Hadders−Algra, M., & Touwen, BCL. More closely related to learning difficulties than to behavioral problems. Journal of learning disability, Vol.25, 649−657. 1992.
11. Jarus, T. Motor learning and occupational therapy : The organization of practice, The American Journal of Occupational Therapy, Vol. 48, 810−816, 1994.
12. Lee, TD., Swenson, LR., & Hall, AL. What Is repeated in a repetition? effects of practice conditions on motor skill ac-

quisition. Phys. Ther., 71 (12) 150−156. 1991.

13. Magill, RA. Motor learning: concepts and applications(3rd), Wm. C. Brown Pub., 1989.
14. Mathiowetz, V. & Haugen, JB. Motor Behavior research : Implications for therapeutic approaches to certral nevous system dysfuction, The American Journal of Occupational Therapy, Vol. 48, No.8, 733−745, 1994.
15. Mulder, T. A process−oriented model of human motor behavior : Toward a theory −based rehabilitaton approach, Phys. Ther., Vol. 71, 157−164, 1991.
16. Myklebust, BM. A review of myostatic reflexes and the development of motor control and gait in infants and children : A special communication, Pher. Ther., Vol. 70, 188−203.
17. Oliver, CE. A sensorimotor program for improving weiting readiness skills in elementary−age children, The American Journal of Occupational Therapy, Vol. 44, 111−116, 1990.
18. Rood, MS. Neurophysiological reactions as a basic for physical therapy. Physical Therapy Review, Vol. 34, 44−449, 1954.
19. Schenkman, M. & Butter, RB. A model for multisystem evaluation, interpretation and treatment of individuals with neurologic dysfunction, Phys. Ther., Vol.69, 538 −547, 1989.
20. Schmidt, RA. A schema theory of discrete motor leatning. Psychol. Rev., Vol.82. 225 −260, 1975.
21. Schmidt, RA. The schema concept. In : Kelso JAS. ed. Human motor behavior : An Introduction, Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates Inc., 1982.
22. Schmidt, RA. Motor control and learning : A behavior emphasis, Champaign, Ill : Kinetics Pub. 1988.
23. Schmidt, RA. Motor learning and performance : From principles to practice, champaign, Ill : Human Kinetics, 1991.
24. Singer, RN. Motor learning and human performance : The psychomotor domine, Macmillan Publishing Co., 1975.
25. Thelen, E., & Ulrich, BD. Hidden skill, monographs of the society research in child development. Vol. 56. 1991.
26. Toglia, JP..Generalization of treatment : A multicontext approach to cognitive perceptual impairment in adults with brain injury, 1990.

    The American Journal of Occupational Therapy, Vol. 45, No.6, 505−516, 1991.
27. Vaughn, S. & Schumm, JS. Which motoric condition is most effective for teaching spelling students with and without learning disability, Journal of learning disabilities, Vol. 26, 191−198, 1993.