

고유수용성 신경근 촉진법의 두부·경부 운동 패턴

배성수* · 김상수**

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과* · 대구보건대학 물리치료과**

Movement Patterns of Head and Neck in Proprioceptive Neuromuscular Facilitation

Sung-soo Bae, P.T., Ph.D.*, Sang-soo Kim, P.T., Ph.D.**

*Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University**

*Department of Physical Therapy, Daegu Health College***

<Abstract>

Objective : The purpose of this study was conducted to find correct head and neck patterns, manual contact, verbal commands with proprioceptive neuromuscular facilitation(PNF).

Method : This is a literature study with books, seminar note and book for PNF international course.

Result : Keep the information of the biomechanics and neural science in head and neck patterns and emphasize that manual contact, verbal commands and visual stimulus. Manual contacting for movement guide and stability of the C₀/C₁, verbal command and visual stimulus for correcting of the C₀/C₁ movements.

Conclusion : In reminder for PNF learning, begin with head and neck and upper trunk patterns. In that time, Knott and Voss(1968) had not enough information about biomechanic movement components and neural science movement components. But Knott and Voss(1968) emphasized that head and neck patterns relate with trunk, upper extremities and lower extremities directly.

Alar ligaments are relaxed with the head in neutral and taut in flexion. Axial rotation of the head and neck tightens both alar ligaments. The right upper and left lower portions of the alar ligament limit left lateral flexion of the head and neck. Therefore, head and neck patterns has to be modify. When head moving, eye and vestibular stimulus will be change. During head and

neck patterns, must be consider about stimulus of eye system and vestibular system also.

Key words : PNF, Biomechanic movement, Neural science movement, Head and neck patterns

I. 서론

목과 두부의 운동 패턴은 체간 운동의 열쇠가 되며, 목과 두부가 좌우로 회전함으로써 두경부와 체간의 비정상적인 신전 시너지를 상쇄시키고 정상적인 운동의 촉진(facilitation), 운동의 발달을 획득할 수 있다(배성수 외, 2000). Knott와 Voss(1968)는 경부 패턴이 체간을 강화하며, 체간 패턴은 목을 강화할 수 있으며, 또한 경부 패턴은 상지와 하지도 강화할 수 있음을 강조하고 있다(그림1). 또한 Knott와 Voss(1968)는 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)을 적용할 때는 두부 경부 패턴을 먼저 시작하라고 강조하고 있다. 또한 두부·경부 운동과 시각계와 청각계의 결합 그리고 체간의 협응 동작을 강조하여 매트 활동(mat activity)의 중요성을 강조함으로써 중추신경계 손상 환자의 운동 기능 향상을 강조하고 있다. 목과 두부의 운동 패턴은 굴곡, 신전 패턴으로 나누어지며 굴곡패턴은 굴곡+오른쪽 측방 굴곡+오른쪽 측방회전이 결합되며, 신전 패턴은 신전+왼쪽 측방 신전+왼쪽 측방회전이 결합된다. 이 결합된 패턴은 체간과 연결되어 같은 방향으로 굴곡 혹은 신전, 측방 굴곡 혹은 신전, 측방 회전이 결합되며, 상지와 하지에도 그 영향을 미치게 된다.

Knott와 Voss(1968), Adler(2002)등은 상체간을 오른쪽으로 굴곡하는 운동 패턴의 시작 자세는 머리, 목, 상체간이 왼쪽으로 회전되고 왼쪽 어깨를 볼 수 있도록 외측으로 과신전 된다. 이 패턴의 운동 진행 방향은 머리가 오른쪽으로 회전되고 목은 굴곡되며 오른쪽으로 회전하여 턱이 체간의 중심선을 넘어감으로 상체간이 오른쪽으로 회전하면서 굴곡하기 시작한다. 운동 패턴이 완전히 끝나면, 왼쪽 견관절은 오른쪽 고관절로 접근되어 있다고 한다. 그러나 상기와 같은 운동 패턴이 생역학적으로 부합이 되느냐는 중요한 문제점이 될 수 있다. 경추의 생역학적 운동은 굴곡할 때 경추 2번에서 흉추 1번까지는 같은 쪽으로 측방 굴곡, 같은 쪽으로 회전하나 후두골과 경추 1번의 운동은 익상인대(alar ligaments)의 작용에 의해서 달라진다(White, Panjabi, 1990, Crisco 등, 1991). 두경부의 굴곡, 신전 패턴일 때 두부와 경부가 같은 방향으로 가야 한다고 하는 Knott, Voss(1968)와 Adler(2002) 등의 주장과 두부와 경추 1번의 운동이 다르다는 생역학적 운동과 차이를 어떻게 정리할 것인가가 한 문제점이 될 수 있다. 두부와 경부가 운동할 때 작용한 고유수용성 감수기의 작용뿐만 아니라 시각적인 정보와 환경의 변화 그리고 전정의 작용, 후각적인 정보 등 모든 외부로부터의 정보 입수와 관련

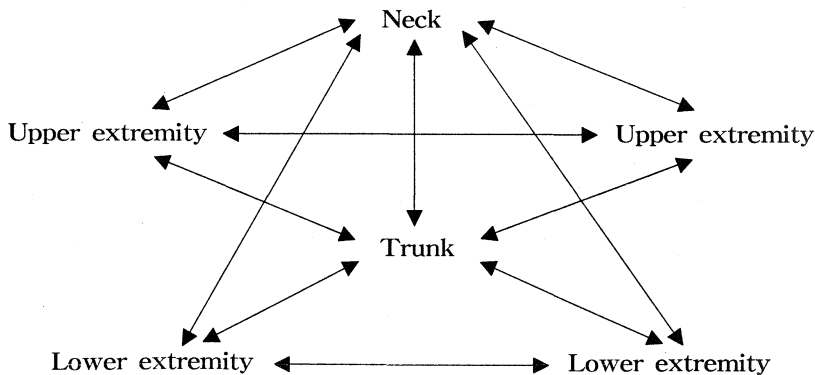


Fig 1. Patterns of the neck may reinforce the trunk and other segments

하여 조명할 필요가 있다. Knott와 Voss(1968), Adler(2002)등은 두부, 경부 운동 패턴 시 단순시각-운동기전과 청각-운동 기전(auditory-motor mechanisms)을 이용한 협응 운동을 강조하고 있는데, 이것은 단순한 시각, 청각적인 협응만을 강조함을 알 수 있다. 그러나 시각·청각적인 요소를 운동 조절이나 운동 학습적인 차원에서 좀더 정제할 필요가 있으며, 이것을 보완해 주는 신경과학적 이해가 첨가되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 생역학적 운동 요소, 신경과학적인 요소 그리고 운동 조절과 운동 학습의 측면에서 두부·경부의 패턴을 탐색하려고 한다.

II. 두부·경부 패턴의 생역학적, 신경과학적 탐색

A. 생역학적인 운동 요소

경부를 이루고 있는 경추는 7개 이며 후두골과 함께 PNF의 두경부 운동 패턴 시에 작용하게 된다. Crisco(1991)등은 상경추에 독특하게도 익상 인대가 한쌍이 있으며 이것은 축추의 치돌기(odontoid process)의 외측으로부터 외측과 상방향(laterally and superiorly)으로 뻗어서 후두과(occipital condyle) 부착한다고 했으며, Panjabi(1991)등은 환추의 외측부에도 부착한다고 했다. Crisco(1991)등은 인대의 길이는 약 1cm정도이며, 굵기는 연필의 굵기 정도로써 교원질 섬유들이 나란하게 배열되어 구성된다고 했다. 한 쌍의 익상인대는 머리가 중립위에 있을 때는 이완되며 굴곡 시에는 팽팽해지고, 두부·경부가 축성회전(axial rotation)하면 양쪽인대가 모두 팽팽해진다(Crisco, 1991). White와 Panjabi(1990)는 두부·경부의 좌측 측방 굴곡 제한은 오른쪽 익상인대의 상부와 왼쪽인대의 하부 하면 우측 측방 굴곡의 제한은 반대가 된다고 했다. White와 Panjabi(1990)는 중경추를 경추 2번에서 5번, 하경추를 경추 5번에서 흉추 1번으로 구분하였으며 쌍 운동 패턴이 일어난다고 하였다. 그 쌍 운동 패턴은 중경추와 하 경추에서 오른쪽으로 측방 굴곡하면 오른쪽으로 회전이 같이 일어나는 것이다.

Grimsby(2000)는 경추를 해부학적과 기능적인

분절로 구별을 하였는데, 상위분절은 후두골-환추-축추이며, 하위분절은 축추의 하면에서부터 1번 흉추의 상면까지이다. 그리고 중경추와 하경추의 관절면 방향은 수평면으로부터 45°로 놓여 있어서 오른쪽으로 측방 굴곡할 때 같은 방향으로 회전이 일어난다고 하였다. 상위 분절에서는 익상인대가 있어서 오른쪽으로 40°회전 될 때 왼쪽 익상인대가 팽팽해져서 후두를 왼쪽으로 측방 굴곡 시킨다고 하였다. Grimsby(2000)가 말하는 상위 분절 즉 후두-환추-축추, 그리고 Crisco(1991)등이 말하는 상경추 즉 환추-후두는 익상 인대의 긴장도에 따라 영향을 받게 되어 두부의 움직임에 영향을 미치게 된다. 익상인대의 긴장도가 변화하게 됨으로 중경추와 하경추의 생역학적인 운동 방향과 반대 방향이 될 수 있다. 즉 중경추와 하경추가 오른쪽으로 측굴곡, 오른쪽으로 회전하는 쌍운동이 일어날 때 상위분절인 후두-축추-환추는 반대 방향으로 생역학적인 운동이 일어나게 된다.

B. 신경과학적인 운동 요소

Knott와 Voss(1968) 그리고 Adler(2002)등은 두부·경부의 굴곡과 신전시 운동 방향(arc of motion)과 함께 시선을 협응하라고 하였다. 이것은 단순한 운동 그자체를 생각한 것이고, 운동 학습과 운동 조절을 위한 시각정보와 전정 작용 등을 전연 고려하지 않은 것으로 생각된다. Kandel(2000)등은 공을 실험자의 눈높이에서 떨어트렸을 때 80cm 아래에 있는 피실험자의 손으로 공을 잡게하는 실험에서 공을 잡았을 때 주관절의 각도는 α° 의 변화가 있었고, 수관절의 각도는 β° 만큼 변화가 있었다. 이와 같이 공을 잡는 실험을 했을 때 연구자는 근전도 활동의 변화가 이두근, 삼두근, 외측수근굴곡근, 요측수근신전근에서 어떻게 일어나는지 관찰하였다. 근전도 상의 기록은 공을 잡기전에 삼각점이 있는 지점에서 모든 근육이 수축하기 시작하여 잡기 위한 준비가 일어났으며, 공이 손에 도착한 후에는 크게 수축하는 활동이 근전도 상에 나타났다(그림2).

Hodges와 Rishandson(1999)은 피실험자는 선 자세로 상지를 굴곡, 외전하게하고 근전도상에서 삼각근, 복횡근, 외복사근, 내복사근, 복직근의 변화를 관찰하였는데 복횡근은 삼각근이 수축하기도 전에

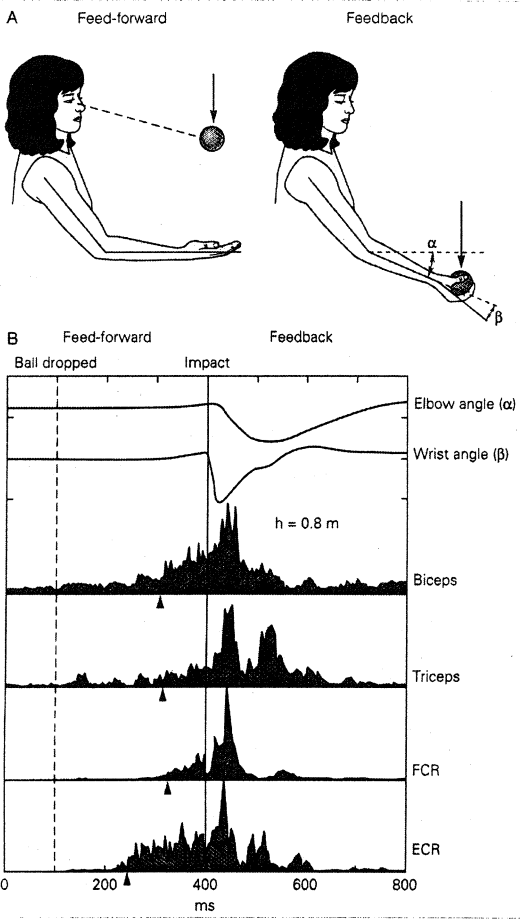


Fig 2. Catching a ball requires feed-forward and feedback controls

먼저 수축하는 것을 관찰할 수 있었다. 그림A는 건

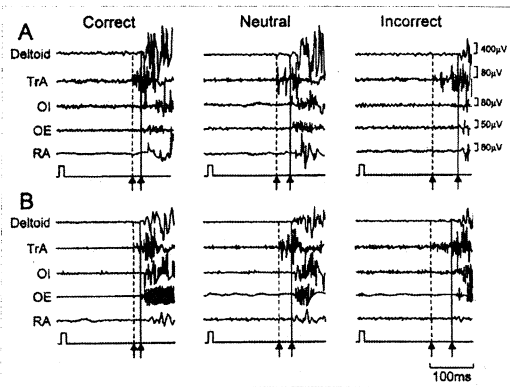


Fig 3. Raw electromyographic recording from a representative subject for repetitions of shoulder flexion(A) and abduction(B)

관절 굴곡시이며 그림B는 외전시의 근전도 기록이다(그림3).

Kandel(2000)등은 시각정보가 앞먹임(feed forward)으로 작용하여 근수축이 언제 일어나나 함을 알게하고, 되먹임 작용(feed back)으로 근수축이 일어나게 하거나 신장되게 하며, 길항근은 목적 동작을 달성 할 수 있도록 안정성을 제공하게 된다고 했다.

상지를 굴곡, 외전할 때 주어진 시각적인 정보가 체간을 안정시키는 작용으로 복횡근이 먼저 수축하는 것처럼 두부·경부의 패턴에서도 복횡근의 수축이 먼저 일어나야함을 예상 할 수 있다. 시각정보에 의해 미리 준비되는(feed forward) 수축이 있다는 것은 근수축하기 전에 운동 계획이 일어나게 됨을 말하는 것이다. 예를 들면 책상위에 컵 똑바로 놓여 있을 때와 뒤집혀 놓여 있을 때 컵을 잡기 위한 상지의 운동은 크게 바뀌게 된다. 컵이 뒤집혀 놓여 있으면 견관절은 내회전, 주관절은 회내되고, 반대로 컵이 똑바로 놓여 있으면 견관절이 외회전, 주관절은 회외가 되어야 한다. 따라서 두부·경부 운동 패턴을 할 때 시각정보를 위한 목표물(task)를 제시하는 것은 매우 좋은 아이디어라고 할 수 있겠다. 구봉오와 배성수(2002)는 뇌졸중 환자를 대상으로 안구 운동을 한 그룹과 하지 않은 그룹으로 나누어 실험한 연구에서 안구 운동을 한 그룹이 하지 않은 그룹보다 환자의 자세 조절과 동적·정적 균형 수행 능력이 상당히 향상되었다고 보고하였다. 그래서 두부에 속해있는 안구의 운동과 시각 즉 목표물을 제공하는 것과 시각계의 안구 운동을 강화하는 것은 매우 큰 의미가 있을 것으로 사료된다.

Assaiante와 Amblard(1993), Allum(1988) 등은 인체가 앞으로 전진할 때 머리의 안정성(stability)이 균형을 위한 전정계의 활동을 증가시키며, 특히 시각계와 체성감각(somatosensory)에 작용하는 자극들이 변형되거나 적합하지 않을 때 균형에 영향을 미친다고 하였다. 두부가 운동함에 따라서 미로는 두 가지 형태의 정보를 제공하는데 첫째는 중력에 대하여 정적 두부위치를 지향하고 둘째는 두부 운동 속도를 탐지한다고 하였다(PAige와 Tomko, 1991, Gresty와 Bronstein, 1992). 전정계의 자극은 두부 정적 자세 유지를 위한 두부 위치 조절을 예상(feed forward)하도록 하며

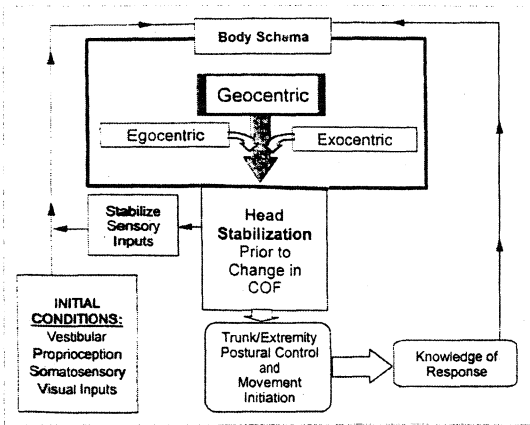


Fig 4. Propose conceptual model of head control during voluntary motion. COF= center of force

(Assaiante와 Amblard, 1993) 계속적으로 두부의 위치를 추적한다고 하였다(Fernandez와 Goldberg, 1976, Loe 등, 1973). 따라서 두부 위치가 변함에 따라 전정계가 자극되어 체간과 지체에 영향을 미치게 됨을 알 수 있다. Zangemeister(1992) 등은 두부 위치와 하지 근육의 활동이 기능적으로 연결되었음을 보고하였다. 따라서 전정계의 자극이 소실 되면 두부 위치조절을 위한 예상을 소실하게 되고

자세 조절을 잃게 될 것이다.

Di Fabio와 Emasithi(1997)는 두부로 운동함으로 두부에 위치한 전정계, 시각계, 고유수용기, 체성 감각이 자극되어 체위에 미치는 영향을 그림으로 작성하였다(그림4). 전정계, 시각계, 고유수용기, 체성 감각이 인체상(body schema)에 미치게 되어 예상(feed forward)을 일으키게 되고 이것은 두부가 수직 방향으로 향하게(geocentric) 하고 두부가 체간에 작용하는(egocentric) 것과 환경으로부터 오는 의심적(exocentric)인 요인이 작용하여 힘의 중심이 변화되기 전에 두부를 안정시키고 이것은 체간, 지체조절 그리고 운동을 개시하여 근육들이 활동하게 함으로 다시 인체 상에 영향을 미치게 된다.

Ⅲ. 두부·경부 패턴

Knott와 Voss(1968)는 PNF를 가르칠 때 먼저 두부·경부패턴을 가르치고 그 다음 상체간을 가르칠 때는 쇼핑(chopping) 패턴과 리프팅(lifting)패턴을 함께 가르치라고 했다. 리프팅과 쇼핑은 시각 정보와 전정기관의 작용으로 쇼핑할 때 체간의 굴곡 시너지가 발달되며, 리프팅을 할 때는 신전 시너지가 일어나 체간이 굴곡과 신전된다. Renata(2005)는

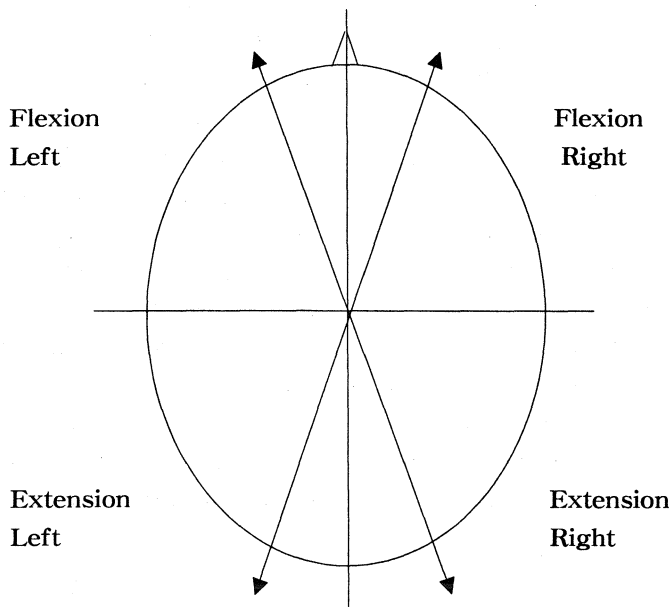


Fig 5. Diagonal on the head

시각적인 정보 보다 전정기관의 작용으로 체간 근육의 시너지가 더욱더 발달한다고 했다.

Knott와 Voss(1968)는 두부·경부 패턴의 오른쪽 굴곡을 할 때 치료사의 오른손은 하악의 오른쪽 결합부(symphysis)와 하악의 오른쪽 각 사이를 잡고, 왼손은 머리를 4등분해서 왼쪽 1/4부분을 손가락이 하방으로 행하도록 잡는다. 이 때 환자의 자세는 똑바로 앉은 자세에서 오른쪽으로 굴곡할 때이며, 이 때 치료사는 왼쪽으로 선다. 신전 할 때는 치료사가 환자 왼쪽에서 오른손으로 하악의 왼쪽 결합부와 왼쪽 하악각 사이를 잡고 왼손은 손가락이 아래로 가게해서 두정의 후외측(posterior-lateral)면을 잡는다. 구두 명령은 “머리를 돌리고, 턱을 돌리고, 머리를 뒤로 미세요(turn your head, lift your chin up, push your head back)”이다(그림5).

Adler(2002) 등은 환자가 앉아 있을 때 치료사의 위치는 환자가 오른쪽으로 굴곡할 때 환자 중심에서 왼쪽에 선다. 치료사의 왼손은 인지와 중지 끝으로 환자의 턱 중앙 아래에 대고, 오른쪽 손은 두정부에서 약간 오른쪽에 놓고 손가락은 대각선(1시, 7시 방향)을 향한다. 굴곡시 구두 명령은 “턱을 당기고 머리를 숙이고 오른쪽 고관절을 보시오(tuck your chin in, bend your head down, look at your right hip)”이다. 왼쪽으로 신전 할 때는 치료사는 환자 중심에서 왼쪽에 서서 치료사의 왼손 엄지는 환자의 턱 중앙 앞쪽에 댄다. 오른손은 환자의 두정부에 놓고 손과 손가락은 대각선(1시, 7시 방향)을 향한다. 신전시 구두 명령은 “턱을 올리고 머리를 올리고, 위를 보시오(lift your chin, lift your head, look up)”이다.

Renata(2005)는 오른쪽으로 측방 굴곡, 오른쪽으로 회전하는 패턴을 할 때 치료사의 위치는 환자의 중심에서 왼쪽에 선다. 치료사의 왼손으로 엄지와 인지로 환자 턱의 중심을 잡고 안정을 시킨다. 이렇게 안정을 하게 함으로 C_0/C_1 을 가이드(guide)하게 한다. 오른손은 두정부에서 앞쪽-오른쪽(antero-lateral)에 놓고 중지를 대각선상에 둔다. 즉 전-오른쪽 1/4부분에 놓는다. 이 때 구두 명령은 “턱을 당기고, 머리를 숙이고, 반대편(왼쪽) 골반을 보시오(tuck your chin, bend your head down, look your opposite pelvis)”이다.

왼쪽으로 신전, 회전 측방 굴곡시 치료사는 굴곡

패턴과 같은 자리에 있으며, 왼손 엄지와 인지로 굴곡시 잡은 그대로 유지하며 턱을 안정시키고 C_0/C_1 에서 너무 많이 신전되지 않도록 한다. 오른손은 두정부로부터 후방-왼쪽(poster-lateral)에 놓는다. 즉 후-왼쪽 1/4부분에 놓는다. 구두 명령은 “머리를 들고 오른쪽을 올려보라(lift your head, look up to the right)”이다.

Knott와 Voss(1968), Alder 등(2002), 그리고 Renata(2005)의 두부·경부 패턴을 정리한 표1을 비교하면 다음과 같다. 도수 접촉(manual contact)에서 Knott와 Voss(1968)는 오른쪽 손으로 턱을 왼손으로 두정부 혹은 후두부를 잡았으나 다른 사람들은 모두 반대로 바뀌었다. 이것은 Knott와 Voss(1968)가 경추의 독특한 생역학적 측면을 고려하지 않고 대각선 운동만을 강조했던 것으로 사료된다. Knott와 Voss(1968) 그리고 Alder(2002) 등은 오른손과 왼손의 위치가 서로 바뀌었지만 대각선 운동을 강조한 것 같고, Alder(2002)등은 경추의 운동을 고려해서 두정부와 턱에 대한 손의 위치를 고려했을 것으로 생각된다. Renata(2005)는 굴곡 패턴과 신전 패턴에서 엄지와 중지로 턱을 잡아 운동을 가이드하거나 안정화를 도모했다. 이것은 Panjabi(1991)와 Crisco(1991)등이 보고한 것을 기초로 한 것으로 사료된다. 그것은 익상 인대가 치돌기에 부착하여 경추가 굴곡 또는 신전 그리고 그 쪽으로 회전 또는 측방 굴곡을 할 때 C_0/C_1 에서 일어나는 운동을 고려한 것이다.

구두 명령은 Knott와 Voss(1968) 그리고 Alder(2002) 등은 비슷하나 Alder(2002)등은 시선을 같은 쪽으로 유도했다. 즉 오른쪽으로 굴곡하는 패턴에서 오른쪽 골반을 보라고 목표물을 제시했으나 신전 패턴에서는 그냥 위를 보라고 함으로 목표가 없다. Renata(2005)는 C_0/C_1 의 운동을 고려하여 굴곡패턴에서 반대쪽 골반을 보라, 신전 패턴에서 오른쪽 위를 보라고 했으며 목표물을 제시하여 C_0/C_1 의 운동을 확실히 확보하려고 했다. 즉 생리학적 운동 요소와 신경학적인 운동 요소를 적용한 구두 명령과 도수 접촉을 적용했다고 할 수 있다(표1).

IV. 결 론

두부·경부 패턴시 생역학적인 운동 요소와 신경

Table 1. Compared of head and neck patterns

Component Instructor Pattern	Patient posture	Therapist position	Manual contact		Commands
Knott & Voss (1968)	FRR	Sitting with head neutral	Standing (Left side of patients)	Ⓜ Inferior surface mandible on right between symphysis and right angle	Turn your head ! Pull your chin down ! Pull your head down !
				Ⓛ Postero-lateral aspect of skull	
	ERL	Sitting with head neutral	Standing (Left side of patients)	Ⓜ Superior surface of mandible on left between symphysis and left angle	Turn your head ! Lift your chin up ! Push your head back !
				Ⓛ Left posterior-lateral surface of the occiput and cervical region	
Adler Beckers & Buck (2002)	FRR	Sitting with head neutral	Standing (Left side of patients)	Ⓜ Put on top of head fingers direct to the diagonal(1-7)	Take your chin in ! Bend your head down ! Look at your right hip !
				Ⓛ Put the 2nd, 3rd finger tips under the patients middle of chin	
	ERL	Sitting with head neutral	Standing (Left side of patients)	Ⓜ Put on top of head fingers direct to the diagonal(1-7)	Lift your chin ! Lift your head ! Look up !
				Ⓛ Put your thumb on the center of the patients chin	
Renata (2005)	FRR	Sitting with head neutral	Standing (Left side of patients)	Ⓜ Put on top of the head, 1/4 antero-lateral, fingers direct to the diagonal	Take your chin in ! Bend your head down ! Look your opposite pelvis !
				Ⓛ Take middle of the chin with thumb and index finger	
	ERL	Sitting with head neutral	Standing (Left side of patients)	Ⓜ Put on top of head, 1/4 postero lateral(your side), finger direct to the diagonal	Lift your head ! Look up to the right !
				Ⓛ Take middle of the chin with thumb and index finger	

FRR : Flexion with rotation to the right and right side bend

ERL : Extension with rotation to the left and left side bend

Ⓛ : Left hand

Ⓜ : Right hand

과학적인 운동 요소가 충분히 밝혀지지 않은 시점임에도 불구하고 Knott와 Voss(1968)는 PNF 교육시 두부·경부 패턴을 제일 먼저 가르치라고 제안하고 있다. 두부·경부 패턴은 체간, 상지, 하지와

직접적인 관련성을 강조하였으며, 상지와 상지, 하지와 하지, 체간과 상·하지와의 관련성도 강조하였다.

생역학적으로 C₀/C₁은 익상인대의 작용으로 인해 C₃-C₇과 같이 운동하지 않으며, 전정계와 시각

계에 대한 정보들이 두부·경부의 운동에 따라 변화됨으로 두부·경부 패턴은 변화 되어야 한다.

초기 PNF가 고안 되었을 때는 근전도가 없었으며 생역학적인 연구와 신경과학적 연구도 매우 열악하였다. 그러나 신경과학과 생역학 그리고 근전도 연구를 기초로 한 두부·경부의 패턴으로 수정되어야 한다. Renata(2005)가 제시한 도수접촉, 구두명령, 그리고 시각적인 정보의 활동 즉 목표물(task)를 제공함으로써 생역학적 운동 요소, 신경학적 운동 요소가 고려된 완벽한 두부·경부 패턴을 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- 구봉오, 배성수 : 안구운동이 성인 편마비 환자의 마비측에 따른 균형 증진에 미치는 영향, 대한물리치료학회지 제14권 제4호, 2002.
- 배성수 외 20인 : 신경물리치료학, 대학서림, 서울 2002.
- Allurn JHJ, Keshner EA, Honegger F, Pfaltz CR : Organization of leg-trunk-head equilibrium movements in normals and patients with peripheral vestibular deficits. *Prog Brain Res.* 76:277-290. 1988.
- Assaiante, C., Amblard, B. : Ontogenesis of head stabilization in space during locomotion in children : influence of visual cues *Exp Brain Res.* 93: 449-515, 1993.
- Crisco JJ, Panjabi MM, Dvorak J. : A model of the alar ligaments of the upper cervical spine in axial rotation, *J Biomech.* 24:607. 1991.
- Fernandwz, C., Goldberg, J. : Physiology of peripheral neurons innervating otolith organs of the squirrel monkey, I: responses to static tilts and to long-duration centrifugal force. *J Neurophysiol.* 39:970-984, 1976.
- Gresty MA, Bronstein AM. : Visually controlled spatial stabilisation of the human head : compensation for the eye's limited ability to roll. 40:63-66. 1992.
- Grimsby O. : Evidence Based Manual Therapy of the spine, The Ola Grimsby Institute. SanDiego. 2000.
- Hodges PW, Richardson : Transversus abdominis and the superficial abdominal muscle are controlled independently in a postural task, *Neuroscience Letters.* 265: 91-94, 1999.
- Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. : Principles of Neural science, 4th ed. Mc-Graw Hill, 2000.
- Knott M, Voss DE. : Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, Patterns and Techniques 2ed ed. Harper & Row, Publishers, New york, SanFrancisco, London. 1968.
- Loe PR, Tompko DL, Werner G. : The neural signal of angular head position in primary afferent vestibular nerve axons, *J Physiol (Lond).* 230:29-50. 1973.
- Paige GD, Tomko DL. : Eye movement responses to linear head motion in the squirrel monkey, I ; basic characteristics. *J Neurophysiol.* 65:1170-1182. 1991.
- Panjabi MM, Oxland TR, Parks H. : Quantitative anatomy of the cervical spine ligaments. *J Spinal Disord.* 4:270. 1991.
- Renata H. : International PNF Basic course book, International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation-Korea, Masan. 2005.
- White AA, Panjabi MM. : Clinical Biomechanics of the Spin. ed2. JB Lippicott, Philadelphia. 1990.
- Zangemeister WH, Bulgheroni MV, Pedothi A. : Differential influence of vertical head posture during walking. In : Berthoz A, Graf W, Vidal PP. eds. The head-Neck Sensory Motor system. New York, NY, Oxford University Press Inc : 560-567. 1991.