

고유수용성 신경근 축진법 중 등장성수축결합의 생역학적 해석

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과
배 성 수

Biomechanical Analysis of Combination of Isotonic in Proprioceptive Neuromuscular Facilitation

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

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation science, Daegu University

<abstract>

There are many methods for muscle strengthening. Muscle strengthening with eccentric contraction work is the best way by researcher's report. Also, eccentric contraction need proper resistance for muscle strengthening.

Combination of isotonic in PNF is a muscle strengthening method with manual resistance. It makes concentric contraction → eccentric contraction → concentric contraction with continually and without muscle relaxation. Combination isotonic technique use with PNF pattern. Therefore, it will make development and increasing of active control motion, coordination, actual range of motion, strengthen and functional training in eccentric control of movement.

Concentric contraction have the 3rd lever system and eccentric contraction have the 2nd lever system with combination of isotonic. Serial concentric contraction → eccentric contraction → concentric contraction make strong SEC and PEC. It will be increase elasticity of SEC, PEC and contractile components either.

I. 서 론

근육은 수축성 조직임으로 근섬유의 비대와 근운동단위의 동원 증가로 더욱 강해질 수 있으며(Bandy 등, 1990 ; Ciccone과 Alexander, 1988 ; Fleck과 Kraemer, 1988 ; Pardy, 1993 ; Rose와 Rothstein, 1982), 질병, 무용, 고정과 같은 조건들에 의해서 약증을 일으킬 수 있다(Muller, 1970 ; Vallbona, 1982). 근력은 수축하는 근육의 힘이며, 수축하는 근육이 생산하는 장력의 양과 직접적으로 관련이 있다(Bandy 등, 1990 ; Pardy, 1993 ; Prentice, 1990). 근장력을 발생시키는 근수축의 형태는 등척성수축, 구심성수축, 원심성수축이 있으며, 각각의 형태는 근장력 발생이 다르며, 근력을 증가시키는 순서는 원심성수축, 등척성수축, 구심성 수축 순이다(배성수 등, 1995 ; 김태윤 등, 1991, Kisner와 Colby, 1996). 근력을 증가시키기 위해서는 근수축이 일어나야 하고, 근섬유의 비대와 동원으로 인해서, 근장력 발달을 증가할 수 있도록 저항이 있어야 한다(Mortain과 Devris, 1979).

저항을 제공하는 방법은 지질 자체의 무게, 중력, 치료사의 도수 저항, 추, 스프링 등의 기계적 저항을 사용하게 된다(배성수, 1995 ; Kisner와 Colby, 1996). 등장성수축을 유발시키는 운동 방법은 도수저항, 추 등을 이용하기도 하며, 등장성수축을 유발시키는 특수한 운동 방법은 여러 가지가 있다. DeLorme과 Watkin(1948, 1951), 그리고 Sanders와 Sanders(1985)의 방법, 이것을 처음에는 무거운 저항운동이라고 하였지만, 저항의 양을 증가해 가는 방법을 설명하기 위해 점진 저항운동이라는 용어로 사용하게 되었다. DeLorme과 Watkin(1948, 1951) 방법과 반대로 진행되는 Oxford 방법(Zinowief, 1951)이 있는데, 이것은 근피로가 발생함으로 저항의 양을 점차적으로 줄여 가는 방법이다. Knight(1979, 1985)가 개발한 운동 방법은 매일매일 저항의 양을 결정하고, 그 양을 점진적으로 증가시켜 시행하는 것이다. 전신 등장성저항 운동으로는 서킷 훈련(Sanders와 Sanders, 1985)이 있고, 고강도이며 빠른 속도의 운동으로써 신장-단축 기법으로 불리는 플라이오메트릭훈련(배성수 등, 2000 ; Helgeson & Gojdosik, 1993 ; Voight, 1992 ; Voight & Dravithch, 1991)이 있다. 그러나 이러한 기법들은 단지 한 근육군, 한 관절 운동에만 적용될 뿐이다.

고유수용성신경근축진법(PNF)의 등장성수축의 결합(combination of isotonic)은 치료사의 손, 혹은 중력 또는 손에 의한 저항과 중력의 결합으로 주동근에 대한 등장성수축, 구심성수축, 원심성수축을 일으키는 것이다(Adler, Beckers, Buck, 1993). PNF의 등장성수축의 결합은 근력 증가 목적이외에도 운동의 능동적인 조절 증가, 협응력 증가, 능동가동범위 증가, 운동의 원심성 조절로 인한 기능적인 훈련을 위해 적용된다. 등장성수축의 결합기법은 PNF의 모든 운동패턴 즉 상지패턴, 하지패턴, 목과 체간 패턴에 적용된다. PNF의 운동 패턴은 3가지 구성요소 즉 상지의 굴곡-외전-외회전 패턴에서는 굴곡, 외전, 외회전 운동이 동시에 일어나게 됨으로 등장성수축의 결합이 적용될 때는 굴곡근군, 외전근군, 외회전근군이 모두 작용을 하게 된다. 따라서 한 근육군만 작용하는 ROM 운동의 단순한 저항 운동 개념과 큰 차이가 있다. 그리고 근육의 작용이 구심성에서 원심성으로 바뀌면서 역학적인 원리가 달라지게 된다.

본 연구에서는 ROM 저항운동과 PNF의 등장성수축의 결합을 비교하고, 등장성수축의 결합의 생역학적인 변화를 해석하려고 한다.

II. 등장성수축의 결합과 ROM 저항운동과의 비교

ROM의 단순 저항운동은 한 관절 한 근육군의 운동이며, 다만 주동근의 구심성수축을 유발시킨다. 구심성수축만 하기 때문에 수축성구조인 근섬유만 작용하게 된다(Dean, 1988). 한 근육군이 작용함으로 굴곡근군, 신전근군, 외전근군, 내전근군 등에 의한 근육군에도 강화시킨다.

PNF의 등장성수축의 결합은 다관절, 다근육군의 운동이며, 주동근을 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축을 일으키게 된다. 구심성수축 운동 중 유지(hold)라는 명령을 하게 되면 동시수축을 일으키게 된다. 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축을 하게됨으로 수축성구조 뿐만 아니라, 인대, 근막, 소속(fascicles) 등의 비수축성구조인 결합조직에도 장력이 작용하게되어 탄성을 강화시킨다(Alder, Beckers, Buck, 1993 ; 배성수, 김태숙, 김은주, 1999). PNF 패턴시 등장성수축의 결합을 적용하면 다근육군 즉 굴곡-외전-외회전 운동에서 굴곡근군, 외전근군, 외회전근군 모두가 동시에 참여하게 된다(표 1). 등장성수축의 결합에서 근수축의 기전은 주동근의 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축이 이완됨이 없이 반복

표 1. PNF의 등장성수축의 결합과 ROM 저항운동과의 비교

ROM 저항운동	등장성수축의 결합
한 관절 운동	다 관절 운동
한 근육군 운동	다 근육군의 운동
한 관절 즉 굴곡근군, 신전근군, 내전근군, 외전근군, 내회전근군, 외회전근군 중 한 근육군의 작용	한 관절을 지나는 굴곡근군, 외전근군, 외회전근군 혹은 신전근군, 내전근군, 내회전근군 즉 3개 근육군이 동시에 작용한다.
구심성 수축	구심성수축과 원심성수축의 결합
근의 수축성구조 즉 근섬유의 작용	수축성구조인 근섬유와 비수축성구조인 근막, 인대 등의 탄성조직의 작용
근력의 강화	근력강화, 협응력증가, 운동의 능동적인 조절 증가

적이고 연속적으로 일어나는 것이다.

Ⅲ. 등장성수축의 결합의 생역학적 기전

1. 연속 탄성요소와 병렬 탄성요소

등장성수축의 결합이 적용될 때는 수축성구조인 근육의 생역학과 비수축성구조 혹은 탄성조직이라고 하는 근막과 건, 소속(fascicles) 즉 근건단위(musculotendinous unit)와 근섬유분절(sarcomere)이 연결된 Z 구역(Z zone)의 역할을 통합하는 것이다.

근력의 생산은 근육의 구조와 역학, 근섬유의 종류, 운동의 대사 등에 의해 결정되는데 Brownstein과 Bronner(1997)는 세 종류의 근건단위로 요약하였다. 첫째 긴 소속(long fascicles)과 비교적 짧은 건(tendon)을 가진 근육, 예를 들면 대둔근이다. 이러한 근육들은 근위부에 위치하며 크기가 크다. 이 근육들은 큰 힘을 낼 수 있으며, 큰 가동범위운동에서 하지를 가속시킬 수 있으며, 또한 감속시 에너지를 흡수할 수 있는 능력을 가지고 있다. 둘째, 길고, 비교적 두껍고 탄력성이 없는 근육, 즉 예를 들면 비복근이다. 이 근육의 건은 근육이 근위부에 위치하게 하고 보행시 하지의 관성을 감소시킨다. 이 두꺼운 건은 상당히 견고하며, 원위 분절의 조절에 중요한 역할을 한다. 이 근건단위는 주어진 힘에 대하여 근육의 길이에 있어서 비교적 큰 변화를 갖는다. 셋째, 짧은 소속(short fascicles)과 긴소속(long fascicles)을 가진 근육, 즉 길고 가느다란 근육, 예를 들면 전경골근이다. 이들의 건은 비교적 탄성적(5% 이상 신장성)이며, 빠르게 신장되었을 때 많은 양의 탄성을 저장할 수 있다. 이들은 주어진 힘보다 적은 길이의 변화를 가지며, 길이-장력(length-tension)과 힘-속도곡선(force-velocity curve)에서 더 효율적이다.

Chu(1992)는 근섬유의 빠른 수축(구심성)후에 근조직의 빠른 신장(원심성수축)이 없다면 탄성에너지는 근육내에서 열의 형태로 낭비될 것이라고 했다. 이와 같은 성질은 근육 섬유의 구조에 의해서 결정되어지는데, 근섬유분절(sarcomere)이 서로 연결된 부분을 Z 선, 혹은 Z 영역이라 하고, 이 부분이 탄성의 성질을 가지고 있다. 이것은 독특한 구조를 이루며, 이것이 근육을 길어질 수 있게 해주며, 제자리로 돌아가려는 자연적인 성질을 만들어낸다. 이와 같은 신장력은 신장시의 크기와 비에 따라 결정된다. 이것은 근조직의 연속 탄성요소(serial elastic component, PEC)는 결합조직 초와 근초에서 발견된다. SEC는 수축성구조가 수축하였을 때 작용하며, 근육이 길어졌을 때 저항을 받게되면 수축성구조와 SEC, PEC의

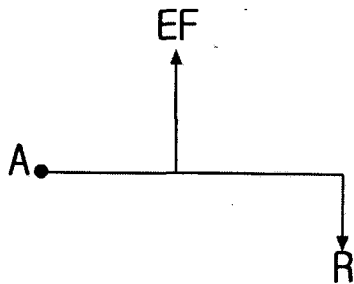
탄성이 함께 작용하게 된다(배성수 등, 2000). 따라서 등장성수축의 결합은 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축과 같이 연속적인 수축을 할 때 수축성구조 뿐만 아니라 SEC와 PEC에 최대의 탄성을 저장할 수 있게 된다.

2. 생역학적 해석

등장성수축의 결합은 저항이 계속적으로 주어진 상황 하에서 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축을 연속적, 반복적으로 유발시켜 근육 작용의 효율성을 높이는 것이다.

1) 구심성수축의 운동

역학적으로 T_{EF} 가 T_R 보다 크기 때문에 일어나는 운동이며, 운동의 방향은 반시계방향(-)이고, 제3형 지렛대원리가 적용된다. 운동의 크기는 T_{EF} 는 반시계방향임으로 (-), T_R 은 시계방향임으로 (+)가 된다. 따라서 운동크기와 방향은 $\Sigma T = -T_{EF} + T_R$ 이 된다.



$$T_{EF} = -$$

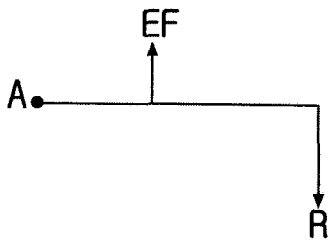
$$T_R = +$$

$$T_{EF} > T_R$$

$$\Sigma T = -T_{EF} + T_R$$

2) 원심성 수축의 운동

역학적으로 T_{EF} 가 T_R 보다 작기 때문에 일어나는 운동이며, 운동의 방향은 시계방향(+)이고, 제2형 지렛대원리가 적용된다. 운동의 크기는 T_{EF} 는 반시계방향임으로 (-), T_R 은 시계방향임으로 (+)가 된다. 따라서 운동크기와 방향은 $\Sigma T = T_R - T_{EF}$ 가 된다.



$$T_{EF} = -$$

$$T_R = +$$

$$T_R > T_{EF}$$

$$\Sigma T = T_R - T_{EF}$$

따라서 PNF의 등장성수축의 결합에서 구심성수축이 될 때는 지렛대의 제3형이 되며, 원심성수축이 될 때는 제2형 지렛대 원리가 적용되면서 근력의 증가, 운동의 능동적인 조절력 증가, 협응력의 증가, 능동가동범위 증가 등을 얻게 된다. 수축성 구조와 비슷한 힘의 강화를 동시에 이룰 수 있다.

IV. 결 론

근력을 증가시키기 위한 훈련 방법은 많이 있다. 연구자들의 보고에 의하면 원심성수축을 유발시키는 훈련 방법이 근력 강화에 가장 좋다고 한다. 또한 근력을 증가시킬 때는 적절한 저항을 부여하는 것이 효율적이다.

등장성수축의 결합은 도수저항을 이용하며 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축을 이완됨이 없이 연속적, 반복적으로 근수축을 유발시키는 것이다. 이 기법을 PNF가 가지고 있는 상지패턴, 하지패턴, 목과 체간 패턴운동에 적용함으로써 대단위 근운동으로 인해 근력의 강화 뿐만 아니라 운동의 능동적인 조절, 협응력의 강화, 능동가동범위증가, 운동의 원심성 조절로 인한 기능적인 훈련을 강화할 수 있다.

등장성수축의 결합은 생역학적으로 구심성수축일 때는 제3형 지렛대원리가 적용되고, 원심성수축일 때는 제2형 지렛대원리가 적용된다. 구심성수축 → 원심성수축 → 구심성수축이 연속적으로 반복되어 일어남으로 SEC와 PEC를 강화하고, 이 조직들의 탄성을 증가시킨다.

참고문헌

- 김태윤 등 : 운동치료학. 형설출판사, 1991.
- 배성수 등 : 운동치료학. 대학서림, 1995.
- 배성수, 김태숙, 김은주 : 저항운동치료 처방에 관한 연구. 대한물리치료학회지 제11권 제1호, 1999.
- 배성수, 이한숙, 김정, 김수민, 최재원 : 플라이오메트릭스의 생역학과 신경생리. 대한물리치료학회지, 제12권 제2호, 2000.
- Adler SS, Beckers D, Buck M : PNF in Practice. Springer-Verlag, 1993.
- Bandy WD, Lovelace-Chandler V, Mckittrick-Brandy B : Adaptation of skeletal muscle to resistance training. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 12:248-255, 1990.
- Brownstein B, Bronners S : Functional Movement. New York, NY : Churchill Livingstone Inc, 1997.
- Chu DA : Jumping into plyometrics. Champaign IL : Human Kinetics : 1992.
- Ciccone CD, Alexander A : Physiology and therapeutics of exercise. In Goodgold, J(ed) : Rehabilitation Medicine, CV Mosby, St Louis, 1988.
- Dean E : Physiology and therapeutic implication of negative work, A review. Phys Ther, 68:233, 1988.
- DeLorme TL, Watkin's A : Progressive Resistance Exercise. Appleton-Century, New York, 1951.
- DeLorme TL, Watkin's A : Techniques of progressive resistance exercise. Arch Phys Med Rehabil 29:263, 1948.
- Fleck SJ, Kraemer WJ : Resistance training : Physiological resical response and adaptation. The Physician and Sportsmedicine, 16:108-124, 1988.
- Helgeson K, Gojdosisik RL : The stretch-shortening cycle of the quadriceps femoris

- muscle group measured by isokinetic dynamometry. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17;17-23, 1993.
- Kisner C, Colby LA : *Therapeutic Exercise, Foundation and Techniques*. ed 3, FA Davis, 1996.
- Knight KL : Knee rehabilitation by the daily adjustable progressive resistive exercise technique. *Am J Sports Med*, 7;336, 1979.
- Knight KL : Quadriceps strengthening with DAPRE technique : Care studies with neurological implications. *Med Sci Sports Exerc*, 17;636, 1985.
- Mortain T, Devries HA : Neural factors vs. hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med Rehabil*, 58;115, 1979.
- Muller EA : Influence of training and inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil*, 51;449, 1970.
- Pardy W : Strength training : In Basmajian JV, Nyberg R.(eds), *Rational Manual Therapies*, Williams and Wilkin's, Baltimore, 1993.
- Prentice WE : *Rehabilitation Techniques in Sports Medicine*. Times Mirror/Mosby, St Louis, 1990.
- Rose SJ, Rothstein JM : Muscle mutability. Part 1, General concepts and adaptations to altered patterns of use. *Phys Ther* 62;1773-1787, 1982.
- Sanders M, Sanders B : Mobility : Active-resistive training. In Gould J and Davies G(eds) : *Orthopaedic Sports Physical Therapy*, CV Mosby, St. Louis, 1985.
- Vallbona C : Bodily response to immobilization. In Kottks FJ, Stiwell GK, Lehmann JF(eds) : *Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation*. WB Saunders, Philadelphia, 1992.
- Voight ML : Stretch strengthening : An introduction to plyometrics. *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America*, 1;243-252, 1992.
- Voight ML, Draovitch P : Plyometrics. In Albert M(ed) : *Eccentric Muscle Training in Sports and Orthopaedic*, Churchill-Livingstone, New York, 1991.
- Zinowieff AN : Heavy resistance exercise : The Oxford technique, *British Journal of Physical Medicine*, 14;129, 1951.