

전방십자인대 재건술 후 슬관절 운동치료 접근에 관한 고찰

김은정 · 정재민 · 한진태¹

대구대학교 재활과학대학원 스포츠정형물리치료전공, ¹선린대학

Exercise Treatment of Knee Joint After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Operation

Yeun-jung Kim, P.T., Jae-min Jung, P.T., Jin-tae Han, P.T., M.S.¹

Major in Sports Orthopedic Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University

¹Department of Physical Therapy, Sunlin collage.

<Abstract>

Purpose : Today, it enjoys a sports and a leisure where the anterior cruciate ligament(ACL) injury patient increase. The knee joint is important means of human body movement and to do an important duty when it encounters ACL injuries of the knee joint and the many restriction follows in the life which is ordinary. When it is damaged ACL, it comes to determinate that ACL reconstruction and preservation treatment that the according to condition of ligament and knee joint. After ACL reconstruction, that is the fact which already becomes known the exercise treatment advances a recovery and to reduce a sequela.

Methods : we researched the method of exercise treatment after anterior cruciate ligament reconstruction operation by journal of science direct and KISS in daegu university.

Results : The representative exercise treatment is isometric exercise, isokinetic exercise isotonic exercise and complex exercise but what kind of exercise treatment most is effective, it revealed and support it was not. The method of exercise treatment is very various, so It causes a confusion made to the therapist and patients. So it executes once again it sought the kinetic therapeutic method which is efficient from this research and it tried to observe preceding research after ACL reconstruction. To operation a various the exercise treatments, operation only the treatment which is general compared to it was effective in muscular power and muscle functional improvement. But this like improve despite with the exercise treatment consequence which is continuous from research of most the pain leg compares to the health leg, it appeared the discrepancy which is a muscular power, a muscular endurance and a hypertrophy muscle etc, to the health leg or before operating 100% of muscular power to having gets the many therapy time was the recovery rate.

Conclusion : Therefore after ACL reconstruction, it will become the many research continuously which is improve the muscle functional and ROM of the exercise treatment method and From therapeutic site of the patients it does to memorizes knowledge in advance about ACL injuries and the application the isokinetic treatment or exercise program are the set of necessary, frequency and amusement that considers complex what kind of therapeutic exercise becomes accomplished with the patient take care of attention.

Key Words : Anterior cruciate ligament, Exercise treatment, Knee joint

I. 서 론

생활수준이 향상되고 주 5일제, 웰빙 열풍 등의 여가 선용 및 건강과 운동에 대한 관심이 늘어남에 따라 직접 체험 할 수 있는 스포츠 활동을 즐기는 인구가 늘어 가는 추세이다. 그에 따라 스포츠 및 여가 선용 현장에서의 직접적인 신체상의 상해 또한 늘어나고 있으며, 특히 전방십자인대(Anterior Cruciate Ligament)에 대한 손상 역시 해마다 증가하고 있는 있다(Linn 등, 1993). 인체에서 하지는 상지를 지탱하여 주는 것과 동시에 특히 보행 시 신체 이동 수단의 주(主)가 되는 역할을 한다. 특히 슬개골은 보행 및 신체 운동 시 하지 대퇴골과 경골의 신전과 굴곡의 관여하는 관절이기에 전방십자인대 손상을 입은 환자는 일상적인 생활환경에서의 불편함이 야기되는 것은 당연한 것이며, 이것은 곧 사회적·경제적 환경에서의 활동적 제약으로 나타나며, 이는 곧 정신적 스트레스까지 부과 시켜 환자로 하여금 심리적으로까지 위축시킨다.

전방십자인대는 슬관절의 과회전 또는 과신전시 상해에 대한 빈도가 높으며, 치료를 하지 않을 시에는 여러 가지 후유증을 유발시킬 수도 있다. 수술 후 일반적으로 일정기간의 깁스를 한 후 떼어내고 나면, 전십자인대 손상 부위의 굴곡, 신전 운동 시 불완전한 수축·이완으로 통증을 동반하게 되고, 정상 가동범위(range of movement: ROM)내의 운동이 이루어 지지 않는 것을 관찰할 수 있다. 이는 슬관절 인대 손상이 관절의 가동범위에 따라 발현 하는 대퇴 부위의 근력 감소를 초래하는데, 특히 대퇴골(femur)의 신전 시(extension) 작용하는 대퇴사두근(quadriceps femoris muscle)과 굴곡시(flexion) 작용하는 슬괵근(hamstring muscle)의 근력을 매우 떨어 뜨리게 된다.

슬관절 인대손상의 수술 전·후 평가에는 여러 가지 방법이 소개 되었는데, 주관적 및 기능적 평가 방법에는 시각상사척도(visual analog scale: VAS)(Flandry, 1991)와 Knee scoring scale, modified Cinninati scale 등(Lyshol과 Gillquist, 1982)이 있으며, 객관적 기능평가 방법으로는 등속성 측정 장비를 이용하는 것이 대표적이다. 등속성 측정 장비는 관절의 운동 범위 내에 발생하는 근력에 대한 저항을 자동적으로 조절하여 관절의 움직임 및 각속도를 일정하게 함으로써 운동이 일어나는 부위의 근육이 일정한 부하를 받을 수 있게 하는 것과 동시에 각 근육들의 근력, 근지구력을 보다 정확하고 신뢰성 높게 평가할 수 있게 해주며, 이는 수량으로 환산되어진 정량적인 기록과 정보를 제공하여 객관적인 추적 및 관찰, 비교가 가능할 수 있게 해준다.

전방십자인대 부분 파열의 치료로는 일반적으로 고해석 등(2000)이 입증한 보존적 치료방법을 시행하여 왔으나, 이 방법은 차후에 높은 빈도의 완전 파열로 이어지거나 혹은 불안정성 또는 통증을 호소하는 경우로도 발전 될 수도 있게 된다. 그러나 최근 고주파 에너지의 축화를 이용하여 전방십자인대 부분파열을 치료함으로써 슬관절 손상의 증상 호전 및 기능회복에 도움이 되었다는 보고(서정탁 등, 2006)와 함께 고주파 에너지의 축화를 이용한 시술이 전방십자인대 부분 파열의 유용한 치료법으로 확대 되고 있다.

Majors와 Woodfin(1996)에 의하면 전방십자인대 재건술 후 근력 운동의 조기 허용은 이식건의 견고함과 주변 구조물과의 적용에 따른 해부학적 안정성이 이루어졌을 때 실시 할 수 있으며, 운동치료의 방법으로는 물리치료와 더불어 점진적 체중부하, 등속 패시브 운동(passive exercise), 등속성 근력운동

(isokinetic), 등장성 운동(isotonic) 등이 일반화 되어 왔다.

민기석 등(2005)은 전방십자인대 손상환자를 의료기관의 재활센터가 아닌 일반 가정 및 헬스클럽에서 전방십자인대 전건술 후 단계별 운동치료를 통해 신전 및 굴곡에 대한 각도속의 유의한 증가 및 관절 기능지수가 향상 되었다고 보고 하였으며, 조우신 등(2005)도 복합적인 4단계의 운동치료 프로그램을 통해 대퇴사두근의 근력향상에 우수한 결과를 보았다고 하였다. DeVita 등(1998)의 연구에 의하면 최근 전방십자인대 손상 환자에 대한 등속성 검사 및 스포츠 치료에 있어서 등속성 운동과 일부 저항운동을 통해 근의 대사적 반응 및 기능적 변화에 대한 긍정적인 효과가 나타났었다고 보고 하였는데, 김은경(2007)은 전방십자인대 재건술후 고유 수용감각 및 등속성 운동을 통해 슬관절의 안정화 및 대퇴 근력을 향상 시키는데 효과적이라고 하였으며, 장용우 등(1998)도 전방십자인대 손상 후 운동치료과정에서 등속passive운동을 실시한 결과 대퇴 신근력 및 굴근력에서 높은 근력의 개선을 가져왔다고 하였다. 김유섭 등(1999)도 역시 전방십자인대 재건술 후 등속 운동 처방을 실시하여 대퇴부의 근기능의 활성이 점진적으로 이루어짐과 동시에 혈류 속도 또한 대퇴근육의 활성에 따라 혈관계의 완화 및 개선 이루어졌다고 보고 하였다.

그러나 염윤석 등(2007)의 연구에 의하면 전방십자인대 재건술후 굴곡근의 근력은 신전근의 근력보다 더 빠르게 회복되어 수술 1년 후에는 거의 정상에까지 도달하였으나, 신전근은 수술 1년 후에도 정상에 도달하지 못하여, 차후 환자는 스포츠 활동에 있어서 전방십자인대의 재손상이나 혹은 경기력 저하를 초래 할 수 있는 원인이 될수 있다고 하였으며, 장용우 등(1998)도 역시 전방십자인대 재건술 후 등속성 운동을 통해 근력 및 근비대의 개선을 보았으나 정상축과의 균형적인 발달을 위해서는 운동 빈도 및 강도를 고려한 지속적인 운동처방이 이루어져야 한다고 하였다.

많은 환자들이 전방십자인대 재건 수술후 상해 이전 시점에서의 빠른 복귀를 희망하고 갈망하고 있다. 전방십자인대 손상 시, 1차적으로 당연히 재

건술 및 보존적 치료를 통하여 슬관절 주변 구조물들의 적응 및 재위치 시킨 후 2차적으로는 다양한 운동 치료적인 방법들을 통해 환자를 수상전 상태로의 조기 복귀를 앞당기고 있다. 이는 앞선 선행 연구들에서 다양한 운동치료적인 방법을 통해 근기능적, 생리학적 향상을 증명해 주었다. 그리고 앞으로 전방십자인대 재건술 후 근기능 및 운동가동범위 향상을 위한 좀 더 세밀하고 정확한 운동치료 방법에 대하여 많은 연구가 계속 활발히 이루어 질 것이다. 그러나 현재의 전방십자인대 손상을 당한 후 운동치료 현장에서 행하여지고 있는 물리치료적 접근 및 운동치료적 방법 및 정도, 방식에 대한 참고 자료는 너무나 다양하여 치료사로 하여금 혼란을 야기 시킴과 동시에 치료의 질적 향상에도 마이너스 요인으로 작용하고 있는 실정이다. 그러므로 본 연구는 전방십자인대 손상으로 인한 재건술후 시행 하였던 다수의 운동치료방법에 대한 선행연구들을 살펴봄으로써, 전방십자인대 재건술을 시행한 상해환자의 근력 및 가동범위 회복에 대한 효과를 한 번 더 고찰하고, 이로 인해 운동치료현장에서의 효율성 증대에 보탬이 됨과 동시에 향후 전방십자인대 재건술 후의 운동치료 연구에 대한 새로운 과제를 제시하고자 한다.

II. 본 론

1. 슬관절 (Knee Joint)

슬관절은 체중의 지지는 물론 활동 조절뿐만 아니라 강한 부하에 대해서도 이를 견디는 저항력이 매우 높은 관절 구조를 가지고 있고, 외부에 노출되어 체중부하를 담당하며 많은 운동범위를 가진 관절이다(배성수 등, 2000). 하지만 고관절이나 족관절과는 달리 관절의 양면이 상호 일치하지 않는 구조적인 부조화가 있고 두 지점이 맞닿는 특수한 관절이다. 이러한 역학적인 문제를 해결해 주는 것이 바로 십자인대의 생역학적 기능이다. 전후방 십자인대가 교차된 4개의 지레-연결시스템으로 작용하여 슬관절이 3가지 전후전위와 3가지 회전을 가능케 하는 6 degrees of freedom의 역할을 수행하면서 대퇴

골과 경-비골의 긴 지렛대 사이에서 거대한 운동을 가능토록 하고 있다.

2. 전방십자인대(Anterior Cruciate Ligament)

대퇴골과 경골이 접하는 관절면은 관절강 내에서 십자형으로 교차하는 강한 두 개의 인대, 즉 전방십자인대(anterior cruciate ligaments)와 후방십자인대(posterior cruciate ligaments)로서 단단히 연결되어 있다. 전방십자인대는 경골과관 융기의 앞쪽에서 시작하여 상외측 후방으로 대퇴골과관와의 외측벽에 정지한다.

전방십자인대는 개개의 섬유속(fascicle)이 모여서 구성되어 있고 슬관절의 굴곡위치에 따라서 해당하는 인대의 일부가 긴장하여 기능을 하게 된다. 이 같은 인대의 긴장은 각각의 섬유속이 대퇴골과 경골에서 서로 다른 위치 및 방향으로 부착되어 있기 때문이다(Armoczkzy, 1983). 전방십자인대는 대체로 길이가 4cm이고 폭은 1cm정도이며 관절 내에 위치하나 활액막 밖에 존재한다.

전방십자인대는 경골과 대퇴골에 부착하는 위치와 방향에 따라 2가지의 부위로 나눌 수 있는데, 전내방 속(anteromedial bundle)과 후외방 속(posteroslateral bundle)이다. 전내방 속은 대퇴골 기시부의 가장 후상방에서 기시하여 경골부착부의 가장 전내방에 부착하므로 슬관절이 굴곡될 때 수평위치가 되면서 긴장하게 되고 90도 굴곡 시 가장 긴장된다고 하며, 후외방 속은 대퇴골기시부의 가장 전하방에서 기시하여 경골부착부의 후외방에 부착하므로 슬관절이 신전될 때 긴장하고, 과신전때 과긴장하게 된다. 또한 전내방 속과 후외방 속 사이를 이어주는 연속체가 있어서 슬관절의 운동 시 항상 전방십자인대의 일부가 긴장하게 되어, 전방십자인대는 슬관절의 전후 안정성을 유지하고 과신전이나 회전을 방지하며 슬관절의 정상운동에 관여하는 중요한 해부학적 구조물이다(장용우 등, 1997).

전방십자인대의 기능은 대퇴골 및 경골의 모양, 반월상 연골판의 해부학적 구조, 주위 근육 및 다른 인대와 함께 복합적으로 나타나는데, 생역학적으로 살펴보면 전방십자인대의 기능은 5가지임을 알 수

있다. 첫째, 슬관절 굴곡시 대퇴골에 대하여 경골의 전방이동을 억제하고, 둘째, 슬관절의 과신전을 예방하고, 셋째, 경골의 내회전을 억제하며, 넷째, 슬관절의 외반 내반 변형력에 대하여 2차적인 억제력을 가지며, 다섯째, 나사회전운동에 관여한다(송은규, 1989).

3. 손상기전

운동 중 주로 입게 되는 관절의 상해 중 하나인 슬관절 손상의 원인은 운동을 통한 물리적 충격과 같은 직접적인 원인과 운동부족이나 체중의 증가, 그리고 운동 시 충분한 준비운동의 미비와 같은 간접적인 원인을 들 수 있으며, 슬관절의 손상은 반월상 연골손상, 측부인대 손상, 전 또는 후 십자인대 손상, 슬개골 연골연화증, 슬개골 탈구, 슬개골 골절 등이 주가 되고 있다(Timm, 1988). 상해의 대부분은 외측과 내측으로 과도한 동작이 이루어지거나, 근력이 불균형, 인대가 약화되었을 때 무리한 충격이나 과도한 관절의 가동범위를 지나치게 되면 안정성이 무너지게 되어 상해를 입게 된다(하권익, 1988).

그 중 인대 손상에서 가장 흔한 전방십자인대는 스포츠 손상(skiing, soccer, football)의 결과로 슬관절의 과신전과 경골 내회전 때 무리한 힘에 의해 많이 손상당하며, 접촉운동이나 접촉하지 않는 운동 등에서 발생할 위험이 크다. 전방십자인대는 일상생활에서 약 454N의 스트레스가 작용되어지지만, 끊어지기 전까지는 1730N의 스트레스를 견뎌낼 수 있다(Dye와 Cannon, 1988). 운동선수가 운동 수행 중 갑작스럽게 일어날 수 있는 방향 전환 등으로 감속 운동 시 발목이 저축 굴곡되어 무릎이 외측으로 회전된 상태에서 외반 스트레스를 받을 때 전방십자인대에 쉽게 손상을 입는다. 전방십자인대가 손상을 받게 되면 상해지는 끊어지는 소리를 듣거나 느낄 수 있으며, 그 후에 무릎이 통제되지 않는다는 것을 경험할 수 있다. 손상 후 즉각적으로 부어오르지 않지만, 약 2시간에서 24시간 내에 무릎 부위가 부어오르며, 전방십자인대손상은 슬관절 회전성의 불안정 및 구조적 손상인 반월상 연골 손상과 내측측부

인대 손상, 이차적인 골관절염, 대퇴근의 위축 및 근력약화 등의 후유증을 유발할 수도 있게 된다. 이런 전방십자인대 손상 시 하나 이상의 구조물이 부상되어지거나 그 이상의 후유증을 유발할 수 있기 때문에 전방십자인대 손상 후 수술 및 운동치료에 있어서 고려되어야 할 것이 많았으며, 그러한 이유로 전반적인 치료가 지연되어지기도 한다.

4. 수술법

일반적으로 가벼운 손상일 경우에는 휴식과 관절 보호와 운동으로 보존적 치료를 하고, 심한 손상일 때는 전방십자인대 재건술(reconstruction)을 시행하는데, 수술적 개입은 관절 불안정성이 기능장애와 기능제한 또는 관절면의 황폐를 일으킬 때에 적응증이 된다.

수술방법으로는 관절내 재건술, 관절외 재건술, 관절내외 재건술이 있으며 재건술에 이용하는 대체물로는 장경인대, 반건양근건, 슬개건, 박근건 및 반월상 연골판을 이용할 수 있고 인조인대를 사용하기도 한다. 최근 자가조직이식을 통한 관절경 전방십자인대 재건술 (arthroscopic ACL reconstruction)은 작은 절개로 부작용을 최소화 할 뿐만 아니라 슬관절의 기능적 안정성을 확보하는데 매우 효과적이며 (김정만 등, 1993; 김성재 등, 1993; 이광진 등, 1993), 슬관절을 중심으로 대퇴근의 수동적 근력운동을 조기에 허용한다는 이점이 있다. 가장 흔하게 쓰이고 있는 자기이식건은 자가슬개건과 자가슬괘건인데, 전자의 경우에는 흔히 슬개건의 가운데 1/3 정도를 사용하며, 흔히 bone-tendonbone graft라고 일컫는다. 자가 슬개건은 형태상 양끝이 골마개로 되어있기 때문에 초기 고정력이 우수하고, 같은 골부위이기 때문에 이식부위에 자연스럽게 후기 고정을 기대할 수 있으며, 다른 이식재에 비하여 높은 내구성 및 강성을 지니고 있다. 단점으로는 수술 후 이환율이 높다는 점과 수술 후 발생하는 슬개 대퇴관절의 동통 및 무릎을 꿇을 때 동통이 유발할 수 있고, 전측에 비하여 5~34% 정도 근력이 저하될 수 있다고 알려져 있다. 반면에 자가 슬괘건의 경우에는 반건양근 및 반막양근들의 건을 사용하며, 장접

으로는 무릎 뒤쪽의 건을 사용하므로 수술 후 이환율이 낮으며, 또한 건 채취 및 통증으로 인한 잠재적인 대퇴사두근의 위약을 가져올 가능성이 적다는 것이다. 단점으로는 수술 후 이식편 이완으로 인한 실패 가능성이 제기되어 왔다. 동종이식의 경우 공여부위 손상 가능성이 적고, 보다 일찍, 보다 빨리 재활훈련 가능하고, 수술 시간이 짧다는 장점이 있으나 질병이 전염될 수 있으며, 비용이 비싸고, 면역 반응을 일으킬 수 있고, 자가이식재에 비하여 늦게 이식부위로 흡착된다는 단점이 있다. 인공 이식재의 경우 실패율이 높고, 부작용으로 인해서 재건술에 많이 사용되지는 않는다(이인식 등, 2005).

5. 물리치료적 접근

수술을 받은 후 치료의 목적은 관절 안정성과 운동성의 회복, 통증 없는 완전한 체중부하, 수술 후 적절한 근력과 지구력, 손상되기 전 기능적 활동 능력으로의 회복 등이다.

최근 운동치료와 물리치료 또는 운동치료만을 실시하여 환자가 정상적인 생활에 복귀할 수 있도록 많은 효과를 가져다준다고 선행 연구들에서 밝히고 있다. 수술 후에 재활 프로그램의 정도와 과정은 다양하다. 가장 효과적이고 능률적인 프로그램은 없지만 강조할 것은 치유되는 이식이 보호받는 동안 수술 후에 합병증을 방지하는 것이다. 초기의 조절된 운동과 체중부하는 구축, 슬개대퇴의 통증, 근육 위축과 같은 수술 후 합병증을 감소시키고 재건된 인대의 손상 없이 더 빨리 일상 활동으로 돌아가게 된다. 재건술 후 처음 며칠 동안은 안정을 취하였다가 재활운동을 위해 수술부위의 주변 근부터 단련시키는 훈련을 실시한 후 본격적으로 근력을 향상시키는 운동을 실시하는 것이 일반적이다.

슬관절 질환의 운동치료 시 근력향상 운동방법으로는 등척성, 등장성 및 등속성 근수축 운동 등이 널리 이용되고 있다. 등척성 운동은 관절의 움직임이 없이 근육이 수축을 함으로써 최대 장력에 가까운 장력을 낼 수 있는 운동으로 근력 증진에 효과적인 운동을 말한다(박래준과 강화순, 1998). 거의 모든 근육에서 시행하는 것이 가능하고 비교적 시

간이 적게 들며 운동으로 인한 근육통 유발 등의 문제점을 배제할 수 있고, 움직일 때 통증이 생기거나 움직임 자체가 금기인 관절의 운동에도 적합하다(Larsson 등, 1978). 그리고 운동 단위 동원이 빠르게 일어날 수 있어 운동프로그램의 시작으로 적합하다. 수술 후 운동프로그램에서 등장성 수축(isometric contraction)과 대퇴사두근과 슬딕근의 협력 수축(cocontractions of quadriceps and hamstring)이 매우 중요하며, Insall(1984)은 족관절의 체중 비부하 상태에서의 슬관절 신전운동 개념인 open chain exercise보다는 저항을 좀 더 근위부측, 경골조면 상부 저항 하에 시행할 것을 권고하면서 closed chain exercise를 강조하였는데, 이는 지면에 대하여 전족부를 밀면서 슬딕근과 대퇴사두근의 동시 수축을 유발함으로써 전방십자인대에 가해지는 부하를 줄여주는데 의의가 있다. 또한 근력의 증진을 위한 운동으로 전 관절 가동범위 내에서 최대의 수축을 발휘할 수 있는 등속성 운동이 있다. 이는 Hislop와 Perrine(1967)이 처음으로 소개하였다. 최근에는 수축의 속도를 일정하게 정한 후 저항은 가동 범위 중 각 위치에서 나타나는 수축력에 맞추어서 변할 수 있게 한 운동기구(김상범와 김진호, 1987; 윤승호 등, 1990)인 Cybex를 많이 이용하고 있다. 전방십자인대 운동치료에 대한 많은 선행 연구들을 살펴보면, 운동치료의 중요성은 부각되어 있으나 체계적인 운동프로그램이 확립되어 있지 않으며, 대다수의 연구들의 경우 전체적인 단계별 프로그램이 아닌 등속성 장비에만 의존하는 경향이 많았으나, 최근에 들어 병의원의 재활 메디컬 센터와 일상생활 환경에서 행할 수 있는 등속·등척성 운동이 복합가미되어진 운동 프로그램이 속속 개발연구 되어 가는 추세이다.

III. 고 찰

전방십자인대 재건술 후 슬관절의 기능적 안정성에 대한 많은 연구가 진행됨에 따라 예전의 석고등을 이용한 완전한 슬관절 고정을 벗어나 기능성 보조기의 사용, 물리치료 및 여러 가지 운동치료 프로그램의 조기 허용 등 전방십자인대 재건술 후 빠

른 조기복귀를 위한 치료방법이 여러 방면에서 다양하게 사용되고 있다. Rougraff 등(1993)은 자가 슬개건 전방십자인대 재건술 후 3주차에 새로운 숙주의 섬유아세포들이 보인다고 하였으며, Kleiner 등(1989)도 이식 3주 이후에 이식건에 착상된 섬유아세포의 합성능력이 높아진다고 보고 하였다. 초기 고식적 재활프로그램은 새로 재건된 십자인대에 과도한 스트레스가 가해질 것이라는 두려움 때문에 슬관절의 과신전 및 전체중 부하를 피하였으나, 이내 치유 초기 염증기에 교원질 합성이 분해보다 왕성함으로, Hannafin 등(1995)은 적당한 운동부하적인 스트레스가 이식건 치유와 교원질 합성에 긍정적인 영향으로 작용함으로 운동치료가 재활에 있어서 필요한 요소라고 보고 하였다.

등속성 운동치료 방법은 전방십자인대 재건술 후 슬관절 근기능 향상을 위해 행할 수 있는 효과적인 운동치료방법중 하나로써 Petschnig와 Baron(1997)은 초기의 등속성 운동의 부여 시점에 따라 근력, 근지구력, 근비대등 기능적 활성 속도가 증가된다고 강조 하였으며, Eriksen 등(1990)은 등속성 운동에 따라 근육의 적응이 점진적으로 이루어짐에 따른 대퇴부 근육내로 유입되는 동맥 혈류속도의 완화와 같은 혈관계의 향상 및 개선이 이루어진다고 보고 하기도 하였다. 수술 후 초기 상해 측 슬관절 근력 부여는 등속 passive운동이 이뤄지는 것이 일반적인데, 이는 관절의 운동범위를 제어함으로 인해 능동적 운동으로 인한 동통이나, 굴신전각의 문제, 이식된 주변 구조물들의 견고함, 환자 자신의 심리적 문제를 해결하기 위함이다. 이러한 사실에 대해, 건강한 사람을 대상으로 한 등속성 근력 측정은 비교적 저속도 부하인 30,60°/sec, 고속도 부하인 180,240°/sec상에서 측정한 사례가 많은데 비하여, 슬관절 슬후 환자들의 경우 초기 60°/sec 이상의 각속도 상에서는 다이아모메타에 부착된 로드셀의 떨림 작용과 동시에 환자들이 통증을 호소하는 경우가 많아 많은 연구들이 저속도 상에서 이뤄진다는 것이 이를 뒷받침해 주고 있다. 일반적인 슬관절 손상후 능동적인 신전시 동통이나 불완전한 신전이 일어나는 원인중 하나는 대퇴사두근의 위축 현상 중 특히 내측광근의 위축으로 인한 것이라고 판단되며, 이는

사선방향의 내측광근 정지점이 이를 뒷받침 해주며, 슬관절 손상 시 신전동작의 마지막 부분에서 내측광근이 다른 대퇴사두근 보다 많은 근육 활동을 거의 보이지 않는 것으로 밝혀졌기(Lieb와 Perry, 1971) 때문이다. 그러나 신전 저항 운동을 할 때 무릎각이 60°~90°사이에서는 전방 전단력이 적게 작용하는 것으로 나타난 것에 비하여, 신전 동작의 최종 마무리 부분에서 보다 큰 전방 전단력이 작용하는 것으로 나타났다(Beynon 등, 1995)는 보고에 미뤄 운동 치료 프로그램 개발시 재고해야 할 과제로 보인다.

Shelbourne와 Nitz(1990)은 가속화 재활운동프로그램의 요점을 슬관절의 완전한 신전과 체중 부하를 빨리 회복하고, 폐쇄성쇄도(closed kinetic chain) 운동을 중심으로 근력강화를 실시하는 것이라고 주장 하였다. 슬관절 운동치료 프로그램 적용 시 폐쇄성쇄도운동은 슬관절의 전위 가능성이 적어서 안전하고 기능적인 동작 훈련이 된다는 점에서 다른 운동 치료보다(Jansson 등, 2003) 많이 옹호 되어 지고 있는데, 비록 연구에서 완전히 밝혀지지 않았지만, 폐쇄성 쇄도 운동을 하는 동안 안전성을 제공하기 위하여 대퇴사두근과 슬건이 서로 상호협력수축 되어 지는 것으로 추측되어지고 있으며, 전방십자인대에 문제가 있는 슬관절에서 전방으로 움직이는 이동량이 가장 작게 나타나는 슬관절각은 60°라는 것이 폐쇄성 쇄도운동을 선호하게 되었던 이유중의 하나일 것이다. 이에 반해 가장 큰 이동량을 보이는 슬관절 각은 열린 사슬운동에서 슬관절각이 30°일때 발생하는 것(Jenkins 등, 1997)으로 알려져 있는데, 이는 대퇴사두근을 강화시키기 위해서는 슬관절각이 30°일 때 가장 이상적이라는 사실과 대립되는 것이다. 그러나 폐쇄성 쇄도운동이 전방십자인대에 보다 적은 긴장을 유발시킨다는 것은 사실이나 슬관절 굴곡각이 50°를 넘어 서게 된다면 보다 증가된 압력이 슬관절에 작용하게 될 것이며, 이러한 문제는 슬관절에 통증과 동시에 전방십자인대 재건술을 받은 환자에 있어서는 진퇴양난의 상황을 만들게 할 수도 있다. 그래서 이인식등(2005)은 폐쇄성 자가 운동인 등척성 운동으로 인해 수술 직후 근력이 많이 떨어져 있는 슬관절 부위에 오히려 많은 부담을 주게 되며 이 방식은 오히려 염증 등을 유

발시키는 등 좋지 않은 결과를 초래하게 될 수도 있다고 주장하였다. 이에 따라 전방십자인대 부상에 있어서 폐쇄성 쇄도운동이 부담은 덜 한건 사실이 지만 슬관절 통증을 호소하는 환자들의 경우에는 폐쇄성 쇄도운동을 수행하는데 있어서 다소 어려움이 따를 것으로 생각된다.

Shelbourne와 Nitz(1990)은 가속재활 운동프로그램이 자가 이식 슬개건에 적절한 운동부하적 스트레스가 자가 섬유아세포의 이식을 자극하여 인대화 과정을 가속화 시킨다고 하였으며, 수술 후 치료기간을 줄여주고 합병증을 최소화하며 이식인대의 파열을 감소시킨다고 하였다. 이범구 등(1998)은 수술 후 적극적인 가속재활 프로그램으로 5도 이상의 신전 장애를 보인 경우는 7%로 양호하다고 보고 하였으며, Cosgarea 등(1995)도 가속재활프로그램을 함으로써 운동 능력 회복에 좋으며 효과적이라고 하였다. Noyes 등(1987)과 Shelbourne와 Nitz(1990)도 역시 수술방법에 차이가 있더라도 슬후 바로 운동을 시작함으로써 재건인대의 기능에는 손상 없이 좋다고 하였다. Shelbourne와 Gray(1997)는 대퇴사두근 근력이 65%이상 회복되면 적절한 스포츠 활동을 시작하는 것이 합병증을 최소화하고 활동의 증가만큼 근력이 강화된다고 하였는데, 가속재활시 평균 6.2주에 적절한 스포츠 활동으로의 복귀가 가능하였으며 6.2개월에는 경쟁적 운동이 완전히 가능해졌다고 보고하였다. 이인식 등(2005)의 최근 연구에서도 가속 재활운동프로그램이 전방십자인대 재건술 환자들의 근기능 개선에 효과가 있다고 보고 하였으며, 이러한 결과는 관절경 수술 후 빠른 시간 내에 수술한 슬관절에 많은 부담이 되지 않는 범위에서 기초적인 움직임을 실시하고, 어느 정도 시간이 경과함에 따라 슬관절을 굽히는 동작과 가벼운 걸기 등의 운동을 실시한 후 가속화 재활운동프로그램을 적용하는 것이 상해 전 조기 복귀에 좋을 것이라고 보고 하였다.

장용우 등(1997, 1998)의 연구에 의하면 8주간의 등속성 운동으로 대퇴 신근력 및 굴근력은 운동전에 비해 8주후 높은 근력의 향상과 동시에 근단면적 역시 2.22%의 증가율을 가져왔다고 보고 하였으며, 다른 연구에서도 역시 대퇴 신근력, 굴근력은

초기에 비해 306%, 206%의 높은 근력 향상을 나타냈고, 근지구력 또한 신전 시, 굴곡 시 초기에 비해 318%, 314.3%의 높은 개선 효과 가져왔다고 보고하였다. 민기석 등(2005)의 가정에서의 8주간의 운동치료를 통해 슬관절 기능 지수의 향상 뿐 아니라 대퇴 근력 변화에도 유의한 차이가 나타난 것으로 보아 이런 근력의 향상과 더불어 근단면적의 증가는 조기 운동부하로 인한 근수축 메커니즘의 결과물로서 상해 부위의 신경전달과 근섬유의 활동성 비대 및 근육의 협응 작용이 원활히 이루어 졌음을 의미하며, 김유섭 등(1999)의 술후 초기 8주간의 등속성 운동으로 인해 운동전반에 걸쳐 -18.8%의 유의한($p<.001$) 혈류속도 감소를 가져왔다는 연구 결과를 통해 술후 8주간의 등속운동으로 상해측 대퇴 부위의 운동근의 산소 소비 증대로 인한 혈류량의 증대와 혈류저항이 감소하였음을 유추할 수 있다. 이런 운동 생리학적 기전은 앞서 말한 장용우 등(1997, 1998), 하권익(1986), 민기석 등(2005)의 술후 운동치료를 통해 근기능 회복을 이루었다는 연구 결과와 생체 메커니즘의 연관성을 의미하며, 이는 술후 운동치료로 인하여 자연적인 근위축 방지는 물론 차후조기 근기능 회복을 앞당길 수 있음을 알 수 있다. 근지구력에 있어서도 근수축에 의한 근력 발휘 시 근수축 적응이 잘 이루어지고, 근육과 신경의 기전에 있어서 근섬유나 근육의 활성이 잘 이루어짐에 따라, 장용우(1997)의 연구 결과 근지구력에 있어서도 유의성 있는 증가를 볼 수 있었다. 술후 운동치료 인해 강화된 슬관절 주변 근육들은 활동 시 슬관절의 안정성을 유지해주기 때문에 2차적인 손상을 예방할 수 있으며, Shelbourne과 Nitz(1990)의 전방십자인대 재건술 후 각각 2년과 5년 후에 안정성이 회복되었다는 선행연구들을 봤을 때 지속적인 근력강화를 비롯한 관절 수용계 기능 향상 운동을 할 경우 슬관절의 안정성이 호전될 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 지속적인 재활운동치료를 실시 할 경우 근력의 회복과 슬관절의 기능은 보다 향상될 것이다.

그러나 전방십자인대 재건술 후 수상전으로 돌아가기 위한 중요한 요소는 근력이 어느 정도 수술 전의 상태로 돌아갈 수 있는나 인데 대부분의 연구

에서 수술 후 6개월째에 대퇴사두근 근력은 10-44%의 저하를 보이고 슬괵근 근력은 10% 미만의 저하를 보이나, 수술 후 1년째에 대퇴사두근 근력은 약간 저하되어 있지만 슬괵근 근력은 거의 정상화되고 있음을 보고하고 있다. 염윤석 등(2007)도 수술 후 1년째 굴곡근은 60/s에서 4.9%, 180/s에서 5.5%의 결손을 보였고 신전근의 경우 60/s에서 47.9%, 180/s에서 38.0%의 근력 결손을 보여 다른 보고들과 비슷한 결과를 나타내었다. 신전근에 있어서는 근력 뿐만 아니라 순발력도 많이 저하됨을 알 수 있다. 또한 장용우 등(1997, 1998)의 연구에서도 술후 등속성 운동 치료를 통해 환측과, 건측의 등속성 근력 측정에서 각 연구 결과 신근력은 각각33.6%, 53.2% 굴근력은 각각 27%, 25.7% 근단면적은 5.07%의 정상측 다리와 불균형적인 차이를 나타냈으며 평균 파워 및 총일량에서도 정상측 다리와 불균형적인 차이가 나는 것으로 나타났다. 이처럼 전방십자인대 재건술 후 재활시 굴곡근과 신전근 중에서 신전근이 더욱 약화되는 것을 보고하고 있는데, Risberg 등(1999)은 신전근의 근력이 약하거나 슬관절 동통이 남아 있는 경우, 삼단뛰기나 계단 한발로 오르기 등과 같은 점프를 필요로 하는 스포츠 활동에서 심한 경기력 저하가 있음을 보고하였으며, 신전근의 근력은 수술 후 2년까지 재활운동을 지속한 경우 향상된다고 하였다. Keays 등(2003)은 신전근과 굴곡근의 근력을 슬관절의 기능적 안정성을 나타내는 척도와 비교 분석한 결과, 신전근의 경우 민첩성과 점프능력 모두에서 유의한 연관성이 있는 것으로 나타났으나, 굴곡근의 경우 연관성을 찾지 못하였다고 하였다. 이는 신전근의 근력 및 순발력이 저하된 경우 민첩성과 점프를 필요로 하는 스포츠 활동으로의 복귀나 일상적인 생활이나 근로환경에서 발생할 수 있는 위급상황에서의 활동이 불충분한 신전근 근력의 회복 없이는 전방십자인대의 재손상이나, 기록저하 및 행동제약으로 나타날 가능성이 있음을 시사하고 있다.

V. 결 론

스포츠 및 여가 선용 현장에서의 직접적인 신체

상의 상해 중 특히 전방십자인대에 대한 손상은 해마다 증가하고 있는 있다. 전방십자인대는 슬관절의 전후 안정성을 유지하고 과신전이나 회전을 방지하며 슬관절의 정상운동에 관여하는 중요한 구조물로서 전방십자인대 손상 시 인대의 손상 여부 및 주변 구조물의 여건에 따라 보존적 치료 또는 수술적 치료가 이루어지는 것이 일반적이다. 수술 후 과거에는 재건된 십자인대에 과도한 스트레스가 가해질 것이라는 두려움 때문에 슬관절의 과신전 및 전체 중 부하를 피하는 고식적 치료방법이 이루어졌으나, 근래에 들어서는 슬후 인대의 착상에 운동부하적 스트레스가 유의하다는 보고에 따라 조기에 적극적이고 다양한 운동치료프로그램이 전방십자인대 상해환자에게 적용되어 지고 있다.

슬후 환자가 수술부위의 안정을 취하게 되면 각각의 다양한 운동프로그램을 적용시키게 되는데, 환자에게 프로그램을 적용 시킬 때에는 환자 개인의 특이성을 파악하고 그 개별성에 맞게끔 운동프로그램 적용시켜야 한다. 또한 운동프로그램은 저속도 및 가벼운 무게 부하, 환자가 통증을 느끼지 않는 가동범위부터 시작하여 점진적이고 반복적으로 늘려 나가도록 하여야 한다. 이는 운동프로그램의 적용에서 매우 주의 깊게 다루어져야 할 부분으로 수술 후 슬관절의 이식전이나 주변 구조물들의 안정화를 이루기전, 많은 가동범위 및 무게 부하가 슬관절 주위에 주어질 때에는 슬관절에 오히려 많은 부담을 주게 되며, 차후에는 염증 등을 유발시키게 되는 좋지 않은 결과를 초래하게 될 수도 있기 때문이다. 등속성 운동프로그램부터 등척성, 등장성, 등속성이 가미된 복합적인 운동프로그램까지 어떤 것이 가장 효과적이며 능률적인 프로그램이라고 알려진 바는 없지만, 강조되어야 할 점은 이들 운동프로그램을 통해 치유되는 기간 동안 이식된 인대 및 주변 구조물을 효과적으로 보호할수 있으며 수술 후에 나타날 수 있는 근위축등의 슬관절 주변의 근기능적 합병증을 최대한 방지할 수 있다는 것이다.

총체적으로 전방십자인대 재건술 후 운동치료를 통해 볼수 있는 근력, 근지구력, 근비대등의 상해측 슬관절 기능 향상은 슬후 초기 불수의적인 슬관절 상해 부위를 일상생활에 필요한 가동범위를 조

기에 회복할 수 있는 하는 좋은 방법이라 할 수 있다. 그러나 이런 향상에도 불구하고 대부분의 선행 연구에 의하면 지속적인 운동치료 결과 환측이 건측에 비해 근력, 근지구력, 근비대등의 부족한 차이를 나타내거나 혹은 수술 전 근력의 100% 근접하는 회복률을 가지기에는 많은 치료 기간이 걸리는 문제점이 발생 하였다. 그러므로 전방십자인대 재건술 후 슬관절의 근기능 및 운동기동 범위 등의 향상을 위한 좀 더 세밀하고 정확한 운동치료방법 관한 많은 연구가 계속 활발히 이루어져야 할 것이며, 환자들의 치료하는 현장에서는 전방십자인대 손상에 대한 사전 지식을 미리 숙지하고, 등속성 운동치나 운동프로그램 등의 적용 시 필요한 운동 강도 및 세트, 빈도, 유효성, 복합성 등을 잘 고려하여 환자별로 어떤 치료적 운동이 이루어져야 할지 주의 를 기울여 적용하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 고해석, 최남용, 손종민 등. 전방십자인대의 부분파열. 대한슬관절학회. 정기학술대회. 2000.
- 김은경, 전방십자인대 재건술 후 고유수용감각 운동과 등속성 운동이 슬관절 기능에 미치는 영향. 한국스포츠리서치. 2007;18(2):479-488.
- 김상범, 김진호. 한국 정상 성인의 슬관절 신근 및 굴근에 대한 등속성 운동평가. 대한재활의학회지. 1987;11(2):173-183.
- 김성재, 한대용, 김주홍. 관절경하 전방십자인대 재건술;슬개골건과 간섭나사를 이용한 관절내 술식. 대한정형외과학회지. 1993;28(3):938-947.
- 김유섭, 김동희, 장용우 등. 전방십자인대 재건술후 등속 운동처방이 대퇴부 기능적 활성과 근 혈류 속도에 미치는 효과. 대한스포츠의학회지. 1999; 117(1):1-11.
- 김정만, 권순용, 박성진 등. 관절경을 이용한 전방십자인대 실질 파열의 일차 수복술. 대한정형외과학회지. 1993;28(1):75-81.
- 민기석, 박성태. 전방십자인대 손상 환자에 있어서 가정 재활운동의 효과. 한국운동생리학회지. 2005; 14(2):133-141.

- 배래준, 강희순. 전기 자극과 치료적 운동에 의한 슬관절 신전근의 근력 증가 효과. 대한물리치료학회지. 1998;10(2):33-40.
- 배성수 외 21인. 임상 운동학. 대학서림. 2000.
- 서정탁, 이춘기, 신원철. 고주파 에너지의 축화를 이용한 전방십자인대 부분파열의 치료. 대한슬관절학회. 2006;18(2):194-200.
- 송은규. 전방십자인대의 해부 및 기능. 대한슬관절학회지. 1989;1(1):19-21.
- 염윤석, 조우신, 황지효 등. 전방십자인대 재건술 후 근력의 회복. 대한스포츠학회지. 2007;25(1):106-110.
- 윤승호, 남경호, 김은이, 등. 충남의대 학생들의 슬관절 주위근에 대한 등속성운동평가. 대한재활의학회지. 1990;14(2):268-276.
- 이광진, 전대식, 박 원. 슬개건을 이용한 관절경하 전, 후방 십자인대 재건술 후 임상 및 Cybex 검사와 자기공명영상과의 연관분석. 대한정형외과학회지. 1993;28(6):1988-1995.
- 이범구, 문도현, 고진홍 등. 전방 십자인대 재건술 후 가속재활 프로그램이 슬관절 기능에 미치는 영향. 대한정형외과학회지. 1998;33(5):1307-1314.
- 이인식, 임재영, 김유수 등. 전방십자인대 재건술 후 가속 재활 효과의 평가를 위한 새로운 등속성 지표. 대한스포츠학회지. 2005;23(3):251-256.
- 장용우, 권양기, 김유섭. 전방십자인대 상해 환자의 근기능 개선을 위한 등속성 운동의 효과. 대한스포츠학회지. 1997;15(2):235-245.
- 장용우, 최경수, 권양기 전방십자인대 슬후 등속성 운동이 대퇴위 근력 및 근비대에 미치는 영향. 대한스포츠학회. 1998;16(1):6-17.
- 조우신, 설의상, 김민영 등. 전방십자인대 재건술 후 스포츠 재활 운동의 효과. 대한스포츠학회지. 2005;23(3):241-245.
- 하권익. 스포츠 외상과 예방. 대한스포츠학회. 1988;13(2):65
- Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Clin Orthop Relat Res. 1983;172:19-25.
- Beynonn BD, Fleming BC, Johnson RJ et al. Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. Am J Sports Med. 1995;23(1):24-34.
- Cosgarea AJ, Sebastianelli WJ, DeHaven KE. Prevention of arthofibrosis after anterior cruciate ligament recinstruction using the central third patellar tendon autograft. Am J Sports Med. 1995;23(1):87-92.
- DeVita P, Hortobagyi T, Barrier I. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligamnet reconstruction and accelerated rehabilitation. Med, Sci, Sports Exerc. 1998;30(10):1481-1488.
- Dye SF, Cannon WD Jr. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. Clin Sports Med. 1988;7:715-725.
- Eriksen M, Waaler BA, Walloe L et al. Dynamics and dimensions of cardiac output changes in humans at the onset and at the end of moderate rhythmic exercise. J Physiol. 1990;426:423-437.
- Flandry F, Hunt JP, Terry GC et al. Analysis of subjective knee complaints using visual analog scales. Am J Sports Med. 1991;19:112-118.
- Hannafin JA, Amoczky SP, Hoonjan A et al. Effect of stress deprivation and cyclic tensile loading on the material and morphologic properties of canine flexor digitorum profundus tendon: an in vitro study. J Orthop Res. 1995;13:907-914.
- Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. Phys Ther, 1967;47:114-117.
- Insall J.N. : Anatomy of the Knee. In Surgery of the Knee, p.1. Edited by Insall, J.N. 1984.
- Jansson KA, Linko E, Sandelin J et al. A prospective randomized study of patellar versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med. 2003;31(1):12-180.
- Jenkins WL, Munns SW, Jayaraman G et al. A measurement of anterior tibial displacement in the closed and open kinetic chain. J Orthop Sports Phys Ther. 1997;25:49-56.
- Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P et al.

- The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res*, 2003;21:231-7.
- Kleiner JB, Amiel D, Harwood FL et al. Early histologic, metabolic, and vascular assessment of anterior cruciate ligament autografts. *J Orthop Res*, 1989;7:235-242.
- Larsson L, Sjödin B, Karlsson J. Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22-65 years. *Acta Physiol Scand*. 1978;103(1):31-39.
- Lieb Fj, Perry J. Quadriceps function. An electromyographic study under isometric conditions. *J Bone Joint Surg Am*. 1971;53-A:749-758.
- Linn RM, Fischer DA, Smith JP et al. Achilles tendon allograft reconstruction of anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports med*. 1993; 21(6):825-831.
- Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982;10:150-154.
- Majors RA, Woodfin B. Achieving full range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.*, 1996;24(3):350-335
- Noyes FR, Mangine RE, Barber S. Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1987; 15(2):149-160.
- Petschnig R, Baron R. Assessment of metabolic response and functional changes after anterior cruciate ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(1):3-9.
- Risberg MA, Holm I, Tjomsland O et al. Prospective study of changes in impairments and disabilities after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;29(7):400-412.
- Rougraff B, Shelbourne KD, Gerth PK et al. Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1993; 21:277-284.
- Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1990;18(3):292-299.
- Shelbourne KD, Gray T. Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. *Am J Sports Med*. 1997;25(6):786-795.