대한견·주관절학회지 제5권 제1호
J. of Korean Shoulder and Elbow Society
Volume 5, Number 1, June, 2002

던지기 동작의 병태생리

을지의과대학 노원 을지의료원 정형외과

최 남 홍

비록 던지기 동작에서 어깨의 과사용이 손상에 크게 기여할 수 있으나 많은 문제가 부적절한 역학과 나쁜 조건에서 시작된다. 손상을 일으킬 수 있는 던지기 역학에서 흔한 문제는 발의 착지에서 시작된다. 뒤꿈치로 착지하면서 뻗은 다리를 고정할 때 슬관절이 과도하게 신전되는 것은 몸의 갑작스런 감속을 일으키고, 이는 던지는 동작의 팔에 부적절한 저항력을 발생한다. 착지 된 발은 항상 홈 플레이트를 향해야 한다. 과녁 밖으로 발을 뻗어 놓고(우 투수의 경우 1루 베이스쪽), 그리고 몸통에서 멀리 발을 놓는 것은 "opening up too soon'"을 일으킨다. 이런 상황에서, 골반의 회전이 너무 빨리 일어나 전방 견관절과 주관절에 스트레스를 증가 시킨다. 홈 플레이트의 3루 쪽으로 발을 놓게 되면 몸통의 회전을 감소하여 몸의 모멘트가 감소되고 던지는 것이 팔로만 집중된다. 던지기 동작은 과녁에 대한 중력의 중심이 부드럽게 가속되고, 감속되는 것이다. 이 물 흘러가는 듯한 동작은 공을 던지는 종류와 속도에 상관없이 유지되어야 한다.

손상의 분류

던지기 동작으로 인한 손상은 견관절을 정적, 동적으로 억제하는 여러 구조물의 어느 것에도 일어날 수 있다. 회전근개, 관절와순, 그리고 관절막들에 독립적으로 손상이 발생할 수 있으나 한 구조물의 손상이 다른 구조물의 손상을 이차적으로 발생하게 하는 것이 더 흔하다.

견관절 불안정성의 분류

I. 일차 질환(과사용 증후군)
   일차 건염(회전근개/이두박근)
   긴장성 회전근개 부전
   상순 전후 병변
   견봉하 충돌 증후군
   Bennett 병변

※통신저자 : 최 남 홍
서울시 노원구 하계1동 280-1
을지대학교 의과대학 노원을지병원 정형외과
Tel : 02) 970-8258, Fax : 02-970-8259, cnh2406@yahoo.com

II. 일차 불안정성
  A. 반복적인 미세 손상에 의한 이차 질환
    이차적 충돌 증후군
    관절순 파열
    fraying(닳아 헤짐)
    상순 전후 병변
  B. 전신적 인대 이완에 의한 이차 질환
III. 급성 외상성 불안정성
IV. 후상방 관절와순 충돌 증후군

I. 일차 질환

일차 질환이란 정상 어깨에서 던지기 동작에서 발생하나, 과도한 힘과 동작이 원인이 되어 나타나는 질환을 의미한다. 안정된 견관절에서 던지기 동작 동안 관절에 가해지는 스트레스는 심지어 견관절의 불안정성이 없이도 정적, 동적으로 억제하는 구조물에 손상을 야기할 만큼 클 수 있다. 관절, 또는 관절 주변에 손상을 가진 일부 운동 선수에서 견관절의 이완을 측정해보면 단지 최소한의 이완만 있거나 양 견관절간에 전혀 비대칭적 이완이 없을 수 있다.

(1) 회전근개/상완 이두건-관절상순 복합체

극상근,극하근과 소원형근은 던지기의 late cooking 시기에 활동을 하고, 상방과 후방의 회전근개 근육이 견관절이 최대 외회전 위치로 될 때 회전근개의 기능이 의미있게 된다. 그 같은 근육들이 deceleration 시기동안 강력하게 활동하여, 상당한 후방 전단력과 압박 부하가 관절을 가로 지른다.

극상근의 부착부는 혈액 공급이 감소하여 반복적인 과사용에 특별히 민감하다. 또한 정상적인 노화 과정이 회전근개 파열의 주요 원인 인자로 알려져 있다. 던지기 동작의 반복적인 스트레스는 정상적인 퇴행성 변화를 가속시킨다. 따라서 arm deceleration 동안에 견관절이 신연(distraction), 수평 내전, 내회전 되는 것에 회전근개가 저항을 할 때 반복적인 스트레스성 부하는 이차적으로 초기에는 급성 염증 변화를, 후기에는 인대 파열을 일으킬 수 있다.

Late cocking 시기에 이두박근은 중등도로 활동한다. 그러나 deceleration 시기에는 주관절 신전을 감속하고 회전근개가 견관절의 신연되는 것에 저항하는 것이 도움이 되도록 이두박근이 강하게 수축한다. 견관절의 전방 불안정성에 대한 이두박근과 관절 상순 (superior labrum)의 역할에 대한 조사에서 이두박근은 외전, 외회전 상태에서의 견관절이 염전되는 것을 제한하는데 필수적이라 보고되고 있다.

극도의 외회전 상태에서 이두박근은 2가지 기능을 가질 수 있다. 그것은 일차적으로 상완골을 내회전 시킨다. 이차적으로 신연력에 저항하고 상완골두를 관절와에 압박한다. 생역학 검사에서 전상방, 후상방 관절순의 긴장도는 견관절을 외전한 상태에서 최대이며 이두박근 긴장도는 내전한 상태에서 최대임을 보여준다.

이두박근 부하는 과도한 던지기 동작과 잘못된 역학의 결과로 증가될 수 있다. 올바른 공 던지기 역학에서, 최대 견관절 압박력 이전에 최대 주관절 굴곡 토크(torque)가 발생한다. 잘못된 역학에서, 이들 두 부하가 시간적으로 보다 가깝게 일어날 수 있어, 이두박근에 의한 보다 큰 힘을 요한다. 상완절순 복합체의 완전 파열에 따른 이두박근 고정(anchor)의 소실로 인해 cocking 시기에 염전력 강직이 38%감소한다. 결과적으로 하상완관절 복합체의 긴장도가 100%까지 증가될 수 있다. 따라서 이두박근-상관절순 복합체의 초기 부전이 전상완관절 인대의 후기 부전에 기여할 수 있다.

Andrew 등은 불안정성이 없는 견관절에서 던지기를 할 때 관절와순 손상의 가능한 원인으로 "grinding factor" 개념을 소개했다. 이 사실은 상완의 accerelation 시기와 deceleration 시기에 상완골두의 이동(translation)에서 기인한다. Deceleration 시기동안 압박과 내회전에 동반된 상완골두가 전이되어 상완골두가 관절순에 마멸되게 한다. 상관절순 뿐만 아니라 이두박건 기저부의 파열이 흔히 관찰된다.

견방하 충돌이 회전근개와 이두박건의 일차 질환에 기여하는 요인인 될 수 있다. 매 던지기 동작마다 견관절은 반복적으로 100도의 외회전에 위치하고, 수평 외회전 위치로부터 수평 내전과

내회전 위치로 움직인다. 상완은 deceleration 시기 동안 큰 하방으로 향한 힘과 내전 토크가 발생한다. 회전근개의 약화, 피로, 부적절한 역학, 필요한 힘을 만들지 못하는 것 등이 상완골두를 상방으로 전이하게 하고 견방하 충돌을 일으킬 수 있다. 또한, 부분적으로 후관절막이 구축되어서 나타나는 내회전 소실이 상완골두를 전방과 상방으로 전이하게 한다고 알려져 있다. 상완골의 전방전이는 대조면,회전근개, 이두박근이 견봉 하면이나 오구견봉 인대에 충돌을 하게 한다.

(2) Bennett 병변

1941년 Bennett가 관절와 후하방의 외골종에 대하여 처음으로 기술하였다. Bennett는 이것이 관절막, 활액막, 그리고 때때로 액와신경을 자극하여 증상을 일으킨다고 생각하였다. 최근에는 deceleration 시기에 하방 상완관절 인대의 후방 밴드의 견인으로 외골종이 발생한다는 설이 인정되고 있다. 증상이 있는 견관절에서는 외골종은 때때로 후방 회전근개와 후방 관절와순의 파열과 동반되기도 한다. 그러나, 병변이 큰 경우, 액와신경을 포착(entrapment)하여 삼각건에 방사통을 야기한다.

Ⅱ. 일차 불안정성

(1) 반복적인 미세 손상에 의한 이차 질환

정상 공 던지는 단계 중 late cocking과 early acceleration 시기는 견관절의 전방에 전단력이 가하지게 한다. 발을 착지한 후에 상체가 회전하는 것이 400N의 전방 전단력을 발생한다고 보고되어 있다. 시간이 감에 따라, late cocking시기에 열리는 안 좋은 기전에 의한 이차적으로 전방 관절막의 약화나 과도한 투구는 주변 근육으로부터 동일한 정도로 보호 받지 못하고 부하가 증가된다. 전방 관절막은 결국 피로해지고, 약화되어 견관절의 전방 이완이 증가된다.

전방 관절막의 부전은 던지기 동작 중 최대 스트레스가 가해지는 시기에 전방 전위를 증가시킨다. 이런 이완이 증가되는 것은 이차적인 회전근개 건염, 견봉하 충돌 증후군, deceleration시기에 전위가 증가하여 전방 관절와순이 마모되는 것, 상순 전후방 병변과 후방 견관절 충돌 증후군 등으로 나타난다. 던지기 도중에 견관절에 가해진 일차적 힘의 결과로 발생한 병변과 불안정성에 의해 이차적으로 발생한 병변을 구별하는 것이 궁극적인 치료에 가장 중요하다. 왜냐하면 불안정성을 치료하지 않으면 병변이 결국 재발할 것이다.

(2)전신적 인대 이완에 의한 이차 질환

이런 형태의 불안정성이 있는 환자들은 전반적인 인대 이완 현상을 보인다. 이런 운동 선수들은 양측에, 비슷한 견관절 이완을 보인다. 원래부터 대칭적으로 이완이 증가된 상태에서 공을 던지는 미세충격이 운동선수의 견관절의 관절내와 관절주변의 구조물들에 손상을 발생할 수 있는 위험을 증가시킨다. 이 환자들은 원래 이완이 증가되어 있으므로, 이들 중 대부분이 빠른 속도로 공을 던질 수 있지만, 장기간의 큰 위험을 가지게 된다. 이런 형태의 운동선수들의 상완관절을 관절경으로 조사해 보면, 관절와순의 저형성증과 관절용량이 증가한 것을 발견한다. 관절와순의 이상과 회전근개 이상도 가끔 관찰된다.

Ⅲ. 급성 외상성 불안정성

불안정성의 이런 원인은 머리 위로 공을 던지는 선수에서 가장 드물게 관찰된다. 특이한 외상성 사건으로 단방향의 불안정성이 발생하는 것이 특징적이다. 공을 던질 때 통증을 호소 할 수 있으나, 불안정성이 주요한 호소이다. 이런 외상 후에 계속 던지려고 노력하고, 분명한 불안정성을 호소하지 않는 운동선수는 회전근개와 상방 및 후방 관절와순 복합체에 이차적 손상이 발생 할 수있다.

Ⅳ. 후외방 상완관절 충돌

공을 머리 위로 던지는 스포츠에서 반복적으로 견관절이 극단적으로 외전 및 외회전 되는 운동은 상부와 후방의 관절와순이 극상근, 극하근과 상완

골두의 후면에 접촉을 유발한다. 던지기의 낮은 부하는 골절을 유발하지 않지만, 회전근개의 관절면의 파열, 후방 또는 상방 관절와순의 파열, 상완골두의 변화 (bare area 증가와 낭포 형성)를 일으킬 수 있다. 정상의 불안정성이 없는 견관절에서, 결절과 관절와의 접촉이 가능하다. 공을 머리 위로 던지는 운동 선수에서 보다 병적으로 접촉을 일으키게 하는 요소가 있을 수 있다. 전방 관절막의 이완이 충돌을 증가시킬 수 있다. Late cocking와 early acceleration 시기에 정상적으로 일어나는 상완 골두의 후방전위가 일어나지 않는 것은 후방 상완골두 보다 회전 근개의 관절면에 충돌을 일으킬 수 있다. 이런 접촉의 반복은 회전근개의 관절면 파열과 후상방 관절와순의 파열의 원인이 될 수 있다. 관절막의 이완은 전방 전이와 외회전의 증가를 유발하여, 내부 접촉을 증가시킬 수 있다. acceleration과deceleration 시기에 팔을 수평으로 내전하고 내회전 할 때, 대결절의 마모와 접촉이 증가되는 것은 관절와순 복합체의 상당한 파열을 일으킬 수 있다.

일부 저자는 내부 충돌이 잘 치료되지 않는 경우 상완골의 전향의 차이가 원인이 될 수 있다고 제시한 바 있다. 최대로 외회전 했을 때 상완골전의 후방 전향이 감소되는 것은 후방 상완관절 구조와 관절와의 접촉을 증가시킬 수 있다.

내부 충돌이 있는 투수는 대부분 late cocking과early deceleration 시기에 견관절의 후상방에 통증을 호소한다. 후방 통증으로 인한 견관절을 최대한 회전 시키지 못하므로 공의 속도가 감소된다. 일찍 공을 놓으면 제구력이 없어진다.

견갑골 흉곽 관절

견갑골은 상완골의 관절, 견갑골을 따라 견관절 복합체의 전방 및 후방 전위, 견봉의 상승, 근육 부착의 안정된 근본을 제공하고, 정상적인 투구 과정에서 체간에서 팔로 힘을 전달하는데 연결하는 기능을 한다.

견갑골 안정에 필요한 근육의 짝은 승모근, 능형근과 전거근이다. 견봉을 상승하는데 필요한 근육의 짝은 하부 승모근, 전거근과 상부 승모근, 능형근이다. 유효한 효과를 내기 위해서는 근육들의 균형 잡힌 기능이 필요하다.

견갑골의 손상과 기능 이상

가장 흔한 기능 이상의 원인은 견갑골 근육에 직접적인 외상과 반복적인 미세외상에 의한 간접적인 손상이다. 전거근과 하부 승모근은 이런 방해 효과에 가장 민감하다. 이런 기능 이상은 견관절의 이상시 조기에 분명히 나타난다.

흔하지 않은 경우지만, 장흉곽 신경과 척추부신경이 견갑골 기능 이상을 초래 할 수 있다.

견관절의 강직은 견갑골 기능 이상을 초래한다. 특히, 공을 던지는 선수에서 단단한 후방 관절막과 근육구조는 cocking과 follow-through 시기에 견갑골의 전방 전위를 증가시킨다. 따라서 견갑골을 전-하방으로 이동시켜 견봉하 아치의 공간을 줄여서, 회전근개가 통행하는 공간을 줄여서 충돌을 증가시킨다.

견갑골의 후방 전위가 안 되는 것은 안정된 cocking point 소실로 흉곽, 몸에서 팔로 에너지가 전달되는 것을 흐트린다. 흉곽에서 팔로 전달되는 에너지가 20% 감소하면 같은 양의 에너지를 전달하기 위해 견관절에서 회전 속도가 34%나 증가해야 한다. 견갑골의 조화된 전방/후방 전위가 소실되면 관절와가 상대적으로 전방 전향되고, 상완골두가 전방으로 전위되는 것을 방지하는 골성 지지가 소실된다. 이로 인해, 전방 연부조직에 가해지는 전단력이 증가하고, 손상을 초래한다.

Cocking과 follow-through 시기에 알맞은 견봉의 상승이 되지 않으면 충돌 문제를 일으킬 수 있다. 하부 승모근과 전거근의 피로와 방해는 오구-견봉 아치를 상대적으로 좁혀서 일차적인 충돌 또는 동시에 불안정을 동반하는 이차적 충돌을 초래 할 수 있다.