

## 회전근 개 파열의 병태생리

문영래 · 김동휘 · 송근상

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

### 회전근 개 파열의 병태생리

회전근 개의 변성은 근 자체 또는 부착 부위에 구조적인 변화가 일어남을 뜻한다. 변성이 40대 이후의 연령에서 흔하지만 이러한 변성이 반드시 기능적 손실을 일으키지는 않는다. 그러나 변성은 다양한 정도의 회전근 개 파열을 동반한 동통성 견관절 증후군을 유발한다.

### 견갑상완 관절 주위의 연부조직

견갑상완 관절은 넓은 범위의 관절운동 범위를 얻을 수 있지만 약한 안정성이 문제가 되며 따라서 견관절의 안정성에 관여하는 견관절의 회전근 개와 연부 조직은 쉽게 손상 받고 퇴행 변화가 온다.

### 관절와 순

관절와의 변연부는 관절와 순으로 둘러싸여 있다. 대부분 두꺼운 섬유 조직으로 구성되어 있으나 관절 연골에 가까이 갈수록 섬유연골 조직이 증가한다<sup>4)</sup>. 드물게 성인 관절와 순에서는 탄성 섬유가 나타나기도 한다. 나이가 들에 따라 발생하는 관절와 순의 변연부 혈행 감소와<sup>5)</sup> 운동시 잘 발생하는 외상도 관절와 순 손상과 회전근개의 변성을 일으킬 수 있다

### 관절낭

관절낭은 회전근 개와 이두박근 장건과 밀접하게 연계되어 있기 때문에 생역학적 상호작용에 중요한 역할을 담당한다. 관절낭은 느슨하고, 상완골 두의 전 표면적보다 넓게 분포하며 관절와 순에서부터 상완골의 해부학적 경부, 근위부까지 넓게 부착한다<sup>20)</sup>. 또한 상, 중, 하 견갑상완인대는 관절낭의 두꺼워

진 부분으로 오구상완 인대와 함께 관절낭을 강화시키며, 관절낭은 연령이 증가함에 따라 신장 강도가 감소한다.

### 견봉하 점액낭

회전근 개 위에 놓여 있으며, 삼각근하 점액낭과 연결된다. 점액낭의 내강은 한층 이상의 활막 세포층으로 덮여 있으며, 점액낭 벽은 혈관이 풍부한 섬유 지방 조직으로 구성되어 있고, 다양한 두께를 가지고 있으며 극상건의 건외막(peritenon)과 붙어서 구별이 어렵다. 회전근 개 파열은 견갑상완관절과 견봉하 공간을 교통시키고 또한 점액낭염을 일으키며, 회전근 개의 이상이 없이 점액낭염을 일으키지는 않는다고 한다. 그렇지만 조직학적으로 염증 소견은 없는 게 일반적이다.

### 회전근 개

회전근 개는 극상근, 극하근, 소원형근과 견갑하근으로 구성되어 있으며 견갑골에서 시작하여 상완골의 근위부에서 합쳐져서 얇고 넓은 막을 형성하고 관절낭과 함께 합쳐진다. 또한, 견갑하근과 극상근이 이두박근 장건의 근위부를 둘러싸면서 이두박근 장건의 건막을 형성한다<sup>2)</sup>. 회전근 개는 5층으로 이루어져 있으며 천층에서 심부로, 첫 층은 오구 상완 인대에서 시작하는 섬유이며, 둘째 층은 회전근 개 자체의 건 섬유이며, 셋째 층은 좀더 작고 불규칙적인 배열의 회전근개 건 섬유로 구성되며, 넷째 층은 오구 상완 인대의 심부 섬유이며, 다섯번째 층은 관절막 층으로 이루어져 있다. 회전근 개는 실질부와 부착부로 구성되어 있으며 실질부는 I형과 III형 교원질로 이루어지고 부착부는 II형 교원질이 대부분이다. 부착부는 실질부에 근접한 비석회화된 섬유연골부, Blue line, 두께가 다양한 석회화된 섬유연골부, 그리고 골의 네 부분으로 구성되고 병적인 변화는 부착부에서 호발 하며 퇴행성 변화에 의한 다. 또한 섬유연골은 상완이두장건과 같이 긴장력만을 받는 건에는 없고, 압력을 동시에 받는 부위에서 증가한다고 하며, 큰 각도로 빠와 연결되는 곳에 많고, 정상 건 섬유보다 각 운동이 큰 곳에 존재하여 진단력을 막기 위해 발달된 것이며 극상근에서 많이 관찰된다고 한다.

통신저자: 김 동 휘  
광주광역시 동구 서석동 588  
조선대학교병원 정형외과  
TEL: 062) 220-3147 · FAX: 062) 226-3379  
E-mail: oskdh@chosun.ac.kr

## 오구건봉 인대

오구건봉 인대의 표층부는 건봉의 전내측면에 부착되고 심부는 건봉의 밑면에 부착된다. 회전근개와 오구건봉궁 사이를 연결하며 하중 전달에 중요한 기능을 한다. 이상이 없는 건관절에서는 회전근 개와 오구건봉궁 사이에 공간이 없으며, 건관절이 움직이는 동안 상완골두는 회전근개 및 점액낭과 함께 딱딱한 궁 아래를 부드럽게 활주한다. 건봉의 골극형성은 전내측면에서 연골내골화(enchondral ossification)를 통해 발생하며 충돌을 일으킨다<sup>3)</sup>.

## 퇴행성 변화의 병태 생리

당뇨병이나 류마티스 관절염과 같은 전신 질환이나, 중노동이 회전근 개의 퇴행성 변화를 야기시킨다고 알려져 있다. 그러나 여기에서 논의되는 병태 생리는 국소적 원인으로 국한 시키고자 한다. 이것은 회전근 개 자체의 문제에서 기인한 내적 원인과 회전근 개 외부의 구조적 이상에서 기인한 외적 원인으로 나눌 수 있으며, 내적 원인으로서는 “임계지역” 개념의 건의 혈행 장애, 닳음과 찢어짐 효과 그리고 연령화를 들 수 있겠고 외적 원인으로서는 충돌(일차적 건봉하 충돌, 이차적 충돌, 관절 내 충돌)이다. 그러나 퇴행 변화는 내적 및 외적 원인이 동시에 작용하여 발생하고 극상건의 파열은 다른 힘줄의 병변을 동반하게 된다. 위와 같은 퇴행은 중년기나 노인에서 증가하는데 어린 나이에서는 어깨를 위로 많이 사용하는 운동선수에서 발생할 수 있다.

## 임계지역 개념과 건의 혈행

Codman의 연구는 회전근 개 부착부에서 1/2 inch 근위부에 “임계지역”이 있고 증상을 주로 유발하는 극상건 파열과 석회성 건염은 이 부위에서 발생한다고 하였다<sup>3)</sup>. Moseley와 Goldie의 연구는 Codman의 임계지역에 대한 혈액 공급은 근육과 골에서 유래되는 혈관 망에서 회전근 개에 공급된 후 문합됨을 밝혀 혈관 분포가 적지 않다고 하였고 Rothman과 Parke의 연구는 임계지역은 현저한 “저혈관성”이고 혈액 공급이 제한되는 것이 임계지역에 병변이 발생하는 중요한 원인이라 하였으나<sup>18)</sup>, Rathbun & Macnab의 연구에서는 임계지역의 산소 결핍에 대한 연구로 혈관 분포가 아니라 건관절의 위치에 따라 혈행이 변화되는 “짜내는 효과(Wringing out effect)”를 주장하였고<sup>17)</sup>, Macnab의 연구에서는 산소 결핍 상태의 반복으로 임계지역의 퇴행성 변화가 발생하고 점차 파열이나 석회화로 진행된다고 하였다. 지속적인 미세 혈관 촬영 연구에 의하면 관절면은 점액낭면보다 혈행이 적고 신장 강도가 약해 부분 파열이 잘 발생하고 전층 파열로 진행될 수 있으며 상완골두의 관절 연골과 극상건 부착부사이에 위치한 구의 확장이 나이가 들수록 자주 발견되는데 이는 불완전 파열의 결

과라 할 수 있다고 하였다.

## Wear-and-Tear Effect 와 노화

Meyer's 개념은 어깨를 사용하는 일상생활로 인해 시간이 지남에 따라 퇴행성 변화를 일으킨다는 것이다. 또한 건관절 운동의 범위보다는 반복 사용으로 연부 조직 변성이 발생한다는 것이며 처음에는 경한 형태의 변화에서 병변으로 바뀐다는 개념이다. 연부 조직의 변화를 보면 관절낭은 얇아진 다음 결손이 발생하며 건봉하 점액낭은 매끄러운 안층이 소실되고 난 후 거칠고 보풀이 생기고 회전근 개는 섬유 속이 갈라지고 얇아진 후 부분 또는 전층 파열이 발생하는데 이러한 변화는 노화에서 일어난다. Wilson과 Duff의 회전근 개 노화에 대한 연구에 의하면 나이에 따라 혈관 수는 증가되며 부착부의 섬유 연골은 분리되면서 넓어지고 세사화 된다. Brewer의 생검을 통한 노화 과정 연구에서 나이가 들어감에 따라 회전근 개의 세사화와 강도의 소실이 발생하고 부착부의 병변 부위에서 III형 교원질이 증가하는데 이것은 기계적 특성의 감소를 의미한다고 하였다. Yamanaka & Fukuda의 노화 연구에서는 40세 이상에서 완전 파열이 7.9%, 불완전 파열이 14.5% 이었고 전부 임계지역에 위치하였으며, 중년 이상의 건관절통을 갖지 않은 사체에서 파열을 제외한 극상건의 조직학적 이상 소견을 보면 회전근 개 실질부 속의 얇아짐과 세사화로 인한 건내부(endotendon)의 넓어짐(Broadening), 비석회성 섬유 연골의 석회 침착과 blue line의 부정형 비후, 섬유 연골의 미세 파열, 섬유 혈관 조직에 의한 blue line의 손상 등이라고 하였다<sup>7)</sup>. 연령 증가에 따라 근부착부위와 임계지역은 쉽게 손상되는 곳이라 할 수 있다.

## 충돌의 과정

충돌은 건봉하 공간에서 극상건의 매끄러운 활주를 방해하는 병적 상태로 정의되며 이러한 과정은 회전근 개 자체나 오구건봉궁에서 발생한다. 충돌은 기계적 압박으로 극상건, 건봉하 점액낭, 상완이두장건 등이 오구건봉 궁 하방에서 부딪혀 발생한다. 건봉궁의 경계로는 건봉돌기의 전방변연, 오구건봉인대와 건봉 쇄골 관절이다<sup>21)</sup>. 건봉하 공간의 용적 감소는 인대의 비후, 회전근 개의 비후 그리고 염증이 의해 나타날 수 있으며, 위험도가 있는 운동으로는 수영, 노젓기, 역도, 테니스, 농구, 야구 등이 있으며, 훈련 방침의 빈도, 강도 혹은 기간을 갑자기 증가시킬 때 나타난다.

충돌의 분류를 보면 내재성과 외인성으로 나뉘며 회전근 개 파열의 95%는 충돌로 시작된다. Neer의 연구에서는 I기 회전근 개와 점액낭의 부종과 출혈, II기 회전근개와 점액낭의 비후와 섬유화, III기 회전근 개의 파열과 골의 변화의 3가지 진행성 기전으로 나뉜다<sup>12)</sup>. Bigliani등의 연구에서 보면 갈고리형(III형) 건봉은 회전근 개 파열환자의 70%에서 이차적으

로 충돌 증후군이 발생한다고 하였으며 충돌 증후군의 한 원인으로 생각된다고 하였다<sup>1)</sup>. 견봉의 골극은 연령이 증가하면서 증가 하며 충돌의 일차적인 원인보다는 결과로서 나타난다고 하였다<sup>10)</sup>. 외적 요인으로는 오구 견봉 인대의 비후와 강직이 있을 수 있다. 그러나 오구 견봉 인대의 비후가 강직과 관계없이 지방 변성과 미세 파열을 발생시킬 수 있으며<sup>19)</sup> 견봉쇄골관절 골극도 충돌을 일으킬 수 있지만 팔을 최대한 내회전하거나 최대 외전-내회전 상태에서에서만 발생한다. 충돌이 발생하면 동통성 외전각도(60도~120도)와 동통성 견관절 전방 굴곡을 나타낸다. 내적 요인으로는 건병증이 충돌의 주범이다. 오구 돌기 충돌은 오구 돌기의 이상에 의하여 견봉하 건 파열의 원인이다<sup>5,8,9,14,16)</sup>.

## 석회화

“이영양성(Dystrophic) 석회화”는 손상되거나 죽은 연부 조직에 칼슘이 침착된 것으로 주변에 살아있는 조직의 치유가 없고 손상되거나 괴사된 조직에서 나타나며 혈청 칼슘치의 증가와 관련이 없고 석회화가 상완골 대결절상부에 점상으로 관찰되는데 이는 회전근개 손상의 나쁜 예후를 암시한다<sup>6)</sup>. 또한 석회성 건염과 구별을 요하는데 석회성 건염은 비퇴행성 질환으로 흡수되면서 치유되는데 반해 이영양성 석회화는 시간이 지나도 흡수되지 않는다.

## 통합

회전근개에서 퇴행성 변화가 있을 때 회전근개의 변성이 가역적인지, 치유될 능력이 있는지, 통합할 때 주위에 연부 조직이 있는지를 생각해야 한다. 치유력의 증거로는 치유되는 회전근개에서 III형 교원질이 존재하는 것<sup>11)</sup>과 회전근개 파열시 회전근개와 점액낭벽의 혈관주위 부위에 III형의 교원질이 발견되는 점, 그리고 치유될 때 III형 교원질이 증가되는 것 등이다. 치유된 조직은 반흔이 성숙됨에 따라 I형 교원질로 대체된다. 치료를 선택할 때 염두에 둘 사항으로는 회전근개의 퇴행성 변화는 피할 수 없고 되돌릴 수 없는 과정이지만, 퇴행성 변화가 모든 회전근개 병증의 원인이 되지는 않으며 퇴행성 회전근개 병증은 연령 증가에 따라 진행하고 악화될 수 있지만, 석회성 건염은 자체 치유가 되며 결과가 우수하므로 퇴행성 회전근개 병증으로 간주되어서는 안된다는 것이다. 항상 충돌이 건병증에 의한 것인지, 오구견봉 궁 자체의 문제인지 파악하여 불필요하고 효과 없는 수술은 피하고 손상된 힘줄은 자체 치유력이 있으므로 이를 염두에 두고 치료에 임해야 한다.

## 회전근개 파열시 통증의 원인

많은 학자들에 의해 단순히 발견되는 회전근개의 파열(결손)자체가 통증의 원인이 되지는 않는다고 한다.

만약 회전근개의 결손이 통증을 일으킨다면 그 원인은 기계적이거나 생물학적인 원인이 있다.

가장 흔한 기계적인 원인은 충돌과 변연부 불안정증이다. 또한 생물학적인 원인은 활액막염이나 유착성 관절낭염과 그의 관절내 병증(SLAP, 상완이두 장건염, 또는 장건 파열, 유리체 등)이다. 이중 활액막염은 흔히 변연부 불안정증에 의해 만성적으로 자극을 받아 발생하는 것이다.

## 회전근개 파열을 통합하는 생역학적 근거<sup>1,2,4)</sup>

해부학적으로는 결손이 있으나 기능적으로는 정상인 파열을 “기능적 회전근개 파열(Functional rotator cuff tear)”로 정의 한다.

이러한 기능적 회전근개 파열이 되기 위해서는 다섯가지 기준에 포함 되어야 한다. 첫째 관상면과 시상면에서 힘의 균형을 이루어야 한다. 둘째, 안정적인 지레 운동역학 양상을 가져야 한다. 셋째, 회전근개의 현수교가 정상이어야 한다. 넷째, 파열면은 최소 표면적(minimal surface area)을 이뤄야 한다. 다섯째, 파열 변연부의 안정성을 이뤄야 한다.

## 견관절에서 회전근개 짝

견관절은 두 개의 회전근개 짝(force couple)을 이루는데 이는 관상면 회전근개 짝(coronal force couple)과 횡단면 회전근개 짝(transverse force couple)로 나뉜다.

관상면 짝은 삼각근과 회전근개의 하방 근육이 이루고 있으며 횡단면 짝은 견갑하근과 후방의 회전근개인 극하근과 소원형근으로 이루어져 있으며 임상적으로 더욱 중요한 의미를 갖는다.

## 운동역학적인 양상 (Kinematic Patterns)

운동학적인 양상은 다음과 같은 4가지 형태로 나뉜다.

I 형: 안정적인 지레 운동학(Stable fulcrum kinematics)

II 형: 불안정적인 지레 운동학(Unstable fulcrum kinematics) 후방 회전근개 파열 양상(Posterior Cuff Tear Pattern)

III 형: 포획된 지레 운동학(Captured fulcrum kinematics) 견갑하건 파열 양상(Subscapularis tear pattern)

IV 형: 불안정적인 지레 운동학 (Unstable fulcrum kinematics) 견갑하건 파열 양상

이상의 4형태에 대해 형광 투시 촬영상 견관절내 상완골두의 위치가 I형은 정상의 위치에, II형은 후방전위, III형은 상방 전위, IV형은 전방전위가 됨을 확인하였고, 견관절의 안정성은 파열의 크기 보다는 파열의 위치가 더욱 중요하다는 것을

알게 되었다.

안정적인 운동역학은 I형과 III형, 불안정적인 운동역학은 II형 와 IV형이 해당된다. I형 안정적인 지레 운동학은 상부 회전근 개와 후방 회전근 개의 일부가 파열된 것으로 극상근과 극하근의 부분 파열이 해당된다. 이때에는 관상면과 횡단면에서 힘의 균형이 보존되어 환자는 정상적인 운동과 거의 정상적인 근력을 갖는다. II형 불안정적인 지레 운동학은 후방 회전근 개 파열 양상으로 다음의 특징이 있다. 상부와 후방의 모든 회전근 개 파열, 어깨를 으쓱거리는 정도의 능동적 운동을 할 수 있으며, 관상면과 횡단면상에서 힘의 균형이 없고, 견갑상완 관절에서 안정적인 지레를 만들지 못한다.

III형과 IV형은 견갑하건 파열 양상이며, III형은 견갑하건의 대부분과 후방 회전근개의 대부분의 파열로 과다한 회전근 개 파열이 있지만 횡단면과 관상면의 힘의 균형을 이루어 안정적인 지레운동학을 이룬다. 이때 관상면의 힘의 균형은 견봉궁과 삼각근에 의해 이루어지며 포획된 지레 운동학은 두 군으로 나뉘는데 짧은 천막(short awning)과 긴 천막(long awning)이 있다. 긴 천막형은 견봉 전방부의 충돌로 완전한 전방 거상이 제한되어 있고 짧은 천막형은 견관절의 전방거상이 더욱 자유롭다. IV형은 대부분의 견갑하건과 극상건의 파열로 견갑하건 파열 양상인 II형과 대칭적이며 모든 상부 회전근 개와 전방 회전근 개가 포함되나 후방 회전근 개는 정상이며 견관절의 거상이 결여된 소견을 보인다. 형광투시촬영상 견갑상완와 관절에서 안정적인 지레를 만들지 못하고 관상면과 횡단면에서 아 탈구되는 소견이 나타나며 외회전근은 정상이고 튼튼하며 lift off test 양성이고 횡단면 힘의 균형의 소실 소견을 특징으로 한다.

## 현수교 모델 (Suspension bridge model)

현수교 모델은 회전근 개 파열을 생역학적으로 잘 설명한다. 파열의 변연은 현수교의 밧줄(cable)에 해당되며 파열의 양끝은 색을 잡아주는 현수교의 기둥에 해당한다. 따라서 극상건이 상완골의 부착부에서 파열이 있어도 회전근 개 색이 살아 있으면 상완 골두를 아래로 압박하는 기능을 할 수 있다. 정상 의 회전근 개를 관절경으로 관찰을 할 때 회전근 개 부착부에서 회전근 개 색까지의 얇은 구조물을 반달 (crescent)이라고 섬세한 운동을 담당한다.

## 최소 표면적 (Minimal surface area)

최소 표면적은 구조적 공학 용어(Structural Engineering term)로 천막이나 천으로 덮여있는 비행기 날개나 말 안장 모양의 천정과 같은 장력 구조에 사용하는 용어이다. 정의상 최소 표면적은 두 틀 사이의 가장 적은 면적이 되며 표면에 적용되는 장력은 균등하다. 따라서 이 최소 표면적이 이루어지면 적은 힘으로 큰 장력을 이겨낼 수 있다. 이 정의를 견관절에

적용 시켜 보면 최소 표면적의 틀로는 회전색과 극상근과 극하근이 붙어 있는 대결절이며, 최소 표면적은 반달에 해당된다. 실험적으로 아주 얇은 회전근 개의 반달이 정상적인 최소 표면적을 이루고 있다면 1343 N의 강한 힘을 견딜 수 있다고 한다. 따라서 회전근 개 파열의 원인이 회전근 개의 변성 없이 단순히 외상으로 발생할 수 없다는 반증이 될 것이다.

## 변연부 안정성 (Edge stability)

장력을 갖고 있는 구조의 변연은 변연의 감입과 힘의 집중을 막기 위해 굳어지기 쉽고 매끄러워야 한다. 따라서 일반적으로 장력 구조물은 최소 표면적 형태로 이루어져 있으며 활모양의 변연을 이루고 있다. 회전근 개 파열면이 불규칙한 파열은 견관절 운동시 끼이게 되고, 통증뿐만 아니라 힘의 집중으로 파열이 커질 수 있다. 이러한 회전근 개 파열양상을 변연부 불안정성이라고 하며 두 종류가 있는데 견봉하 변연부 불안정성과 관절연 불안정성이 있다. 회전근 개의 파열이 작은 경우는 파열의 변연부가 견봉하 공간에서 충동을 일으키고 이것을 견봉하 변연부 불안정성이라 하고, 회전근 개 파열이 큰 경우는 견갑상완관절에서 충동을 일으키게 되며 이를 관절연 불안정성이라 한다. 불안정한 변연을 가진 회전근 개 파열을 치료하는 두 가지 방법은 첫째 회전근 개를 뼈에 봉합하는 방법과 둘째 불규칙한 파열면을 변연 절제하여 변연부 안정성을 만드는 것이다.

요약하면 회전근 개 봉합은 가능한 변연부 안정성을 유지할 수 있는 경우 부분 봉합으로도 기능 회복이 가능하며 관절경적 견봉하 감압술 및 변연 절제술은 기능적인 회전근 개 파열 시에 시행하되 오구 견봉 인대를 보존해야 한다.

## 참고문헌

1. **Bigliani, LU, Ticker, JB, Flatow, EL, Soslowsky, LJ, and Mow, VC:** *The relationship of acromial architecture to rotator cuff disease. Clin Sports Med, 10: 823-838, 1991.*
2. **Clark, JM, and Harryman, DT, 2nd:** *Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. J Bone Joint Surg Am, 74: 713-725, 1992.*
3. **Codman, EA:** *Rupture of the supraspinatus tendon. 1911. Clin Orthop, 3-26, 1990.*
4. **Cooper, DE, Arnoczky, SP, O'Brien, SJ, Warren, RF, DiCarlo, E, and Allen, AA:** *Anatomy, histology, and vascularity of the glenoid labrum. An anatomical study. J Bone Joint Surg Am, 74: 46-52, 1992.*
5. **Dines, DM, Warren, RF, Inglis, AE, and Pavlov, H:** *The coracoid impingement syndrome. J Bone Joint Surg Br,*

- 72: 314-316, 1990.
6. **Earnshaw, P, Desjardins, D, Sarkar, K, and Uhthoff, HK:** *Rotator cuff tears: the role of surgery. Can J Surg, 25: 60-63, 1982.*
  7. **Fukuda, H, Hamada, K, and Yamanaka, K:** *Pathology and pathogenesis of bursal-side rotator cuff tears viewed from en bloc histologic sections. Clin Orthop, 75-80, 1990.*
  8. **Gerber, C, Terrier, F, and Ganz, R:** *The role of the coracoid process in the chronic impingement syndrome. J Bone Joint Surg Br, 67: 703-708, 1985.*
  9. **Gerber, C, Terrier, F, Zehnder, R, and Ganz, R:** *The subcoracoid space. An anatomic study. Clin Orthop, 132-138, 1987.*
  10. **Goldberg, BA, Lippitt, SB, and Matsen, FA, 3rd:** *Improvement in comfort and function after cuff repair without acromioplasty. Clin Orthop, 142-150, 2001.*
  11. **Kumagai, J, Sarkar, K, and Uhthoff, HK:** *The collagen types in the attachment zone of rotator cuff tendons in the elderly: an immunohistochemical study. J Rheumatol, 21: 2096-2100, 1994.*
  12. **Neer, CS, 2nd:** *Impingement lesions. Clin Orthop, 70-77, 1983.*
  13. **Ogata, S, and Uhthoff, HK:** *Acromial enthesopathy and rotator cuff tear. A radiologic and histologic postmortem investigation of the coracoacromial arch. Clin Orthop, 39-48, 1990.*
  14. **Paulson, MM, Watnik, NF, and Dines, DM:** *Coracoid impingement syndrome, rotator interval reconstruction, and biceps tenodesis in the overhead athlete. Orthop Clin North Am, 32: 485-493, ix, 2001.*
  15. **Prodromos, CC, Ferry, JA, Schiller, AL, and Zarins, B:** *Histological studies of the glenoid labrum from fetal life to old age. J Bone Joint Surg Am, 72: 1344-1348, 1990.*
  16. **Radas, CB, and Pieper, HG:** *The coracoid impingement of the subscapularis tendon: a cadaver study. J Shoulder Elbow Surg, 13: 154-159, 2004.*
  17. **Rathbun, JB, and Macnab, I:** *The microvascular pattern of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Br, 52: 540-553, 1970.*
  18. **Rothman, RH, and Parke, WW:** *The vascular anatomy of the rotator cuff. Clin Orthop, 41: 176-186, 1965.*
  19. **Sarkar, K, Taine, W, and Uhthoff, HK:** *The ultrastructure of the coracoacromial ligament in patients with chronic impingement syndrome. Clin Orthop, 49-54, 1990.*
  20. **Uhthoff, HK, and Piscopo, M:** *Anterior capsular redundancy of the shoulder: congenital or traumatic? An embryological study. J Bone Joint Surg Br, 67: 363-366, 1985.*
  21. **Uhthoff, HK, and Sarkar, K:** *Classification and definition of tendinopathies. Clin Sports Med, 10: 707-720, 1991.*