

# 미국 스포츠 저널

## 약

<http://ajs.sagepub.com/>

프로야구 투수 Adam W. Anz, Brandon D. Bushnell, Leah Passmore Griffin, Thomas J. Noonan, Michael R. Torry, Richard J.

Hawkins

Am J Sports Med 2010 38: 1368 원래 2010년 4월 16일에 온라인으로 게시됨 DOI: 10.1177/0363546510363402

이 기사의 온라인 버전은 <http://ajs.sagepub.com/content/38/7/1368> 에서 찾을 수 있습니다.

에 의해 출판 된:



<http://www.sagepublications.com>

대신에:

스포츠의학을 위한 미국정형외과학회



The American Journal of Sports Medicine에 대한 추가 서비스 및 정보는 다음에서 찾을 수 있습니다.

이메일 알림: <http://ajs.sagepub.com/cgi/alerts>

구독: <http://ajs.sagepub.com/subscriptions>

재판: <http://www.sagepub.com/journalsReprints.nav>

권한: <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>

>> 레코드 버전 - 2010년 7월 2일

OnlineFirst 레코드 버전 - 2010년 4월 16일

이게 뭔가요?

# 토크와 팔꿈치 부상의 상관관계 프로야구 투수

Adam W. Anz,\* MD, Brandon D. Bushnell,yz{ MD, Leah Passmore Griffin, § MS, Thomas J. Noonan,|| MD, Michael R. Torry,# PhD 및 Richard J. Hawkins,\*\* \* 정형 외과 및 § Biostatistics, Wake Forest University, z Harbin Clinic Orthopaedic and Sports Medicine, Rome Winston-Salem, North Carolina, Denver, 콜로라도 주 그린우드 빌리지, 콜 Braves Baseball Club, Rome, Georgia, the || Steadman-Hawkins Clinic 로라도 로키스 야구 클럽, 콜로라도 주 덴버, 콜로라도 주 베일, 호킨스 연구 재단, 사우스캐롤라이나주 그린빌 캐롤라이나의 \*\*스 테드맨-호킨스 클리닉 #스테드맨

배경: 피칭 동작 시 어깨의 내회전과 몸통의 병진/회전 동작 시 상지의 운동 사슬에 의해 속도가 생성된다. 이 세대의 힘은 팔꿈치와 어깨에 상당한 힘과 토크를 가한다. 팔꿈치 외반 토크와 어깨 회전 토크는 이론적으로 팔꿈치 부상과 관련이 있습니다.

가설: 투구 동작 전반에 걸쳐 높은 수준의 팔꿈치 외반 토크와 어깨 외회전 토크를 경험하는 투수는 토크가 낮은 투수보다 팔꿈치 부상을 입을 가능성이 더 큼.

연구 설계: 코호트 연구; 증거의 정도, 3.

방법: 확립된 생체역학적 분석 모델을 사용하여 23명의 프로야구 투수들이 스프링 트레이닝 경기를 비디오로 녹화하고 다음 시즌 동안 팔꿈치 부상에 대해 전향적으로 추적했습니다. 최소 제곱 평균의 차이와 분산 분석을 사용하는 혼합 통계 모델을 사용하여 투구 동작 내 각 주요 이벤트뿐만 아니라 투구 동작 전체에서 팔꿈치 부상과 토크 수준 간의 연관성을 분석했습니다.

결과: 투구 동작 전체에 걸쳐 높은 팔꿈치 외반 토크 (P 5.0547)와 높은 어깨 외회전 토크 (P 5.0548) 모두 팔꿈치 부상과 관련된 전반적인 통계적 경향이 있었습니다. 더 중요한 것은, 후기 코킹 단계(최대 외부 회전의 피칭 이벤트 : 어깨).

결론: 이 연구는 야구에서 던지는 동작 중에 특정 부상이 어떻게 그리고 왜 발생하는지에 대한 기존 이론을 뒷받침하는 정보를 제공합니다. 늦은 코킹 단계는 피칭 동작에서 중요한 지점으로 보이며 어깨와 팔꿈치의 토크가 높아지면 부상 위험이 높아질 수 있습니다. 이러한 토크 수준을 변경하기 위해 투구 역학을 조작하거나 위험에 처한 투수를 식별하기 위해 이러한 조치를 사용하면 부상률을 줄이는 데 도움이 될 수 있습니다.

키워드: 팔꿈치; 어깨; 외반; 회전; 토크; 투구

던지는 팔 부상, 특히 어깨와 팔꿈치 부상은 야구의 오버헤드 피칭 동작에서 흔히 발생합니다. 역사적으로 프로 투수의 50% 정도가 커리어의 어느 시점에서 어깨나 팔꿈치 통증을 경험한다고 보고되었습니다.<sup>21</sup> 최근 역학 연구에 따르면 모든 청소년 투수의 1/4이 2~3년 동안 팔꿈치 통증을 보고할 것이라고 합니다. 사용 시즌, 절반은 보고

1시즌 동안 어깨 또는 팔꿈치 통증.<sup>12,13</sup> 메이저 리그 야구 투수는 투구하는 속도와 투수 직업의 반복적인 특성 때문에 특히 부상을 입기 쉽습니다.

피칭 동작은 전체 상지 운동 사슬에 영향을 미치는 몸통, 어깨 및 팔꿈치의 복잡한 동작 모음입니다. 생체역학적 연구는 피칭 동작 중 팔꿈치와 어깨에 존재하는 각도, 속도, 힘 및 토크를 철저히 조사했습니다. 역학의 미묘한 차이(예: 몸통 회전 시작, 최대 어깨 외부 회전, 볼 릴리스)는 피칭 동작 전반에 걸쳐 팔꿈치와 어깨에서 경험하는 토크와 힘의 차이를 생성하는 것으로 나타났습니다.<sup>1,23,25</sup>

y 주소는 Brandon D. Bushnell, MD, 330 Turner McCall Boulevard, Rome, GA 30165(이메일: brad.bushnell.md@gmail.com)입니다.

저자는 자신의 이해 관계 충돌이 없다고 선언했습니다. 이 기여의 저자 및 출판.

미국 스포츠 의학 저널, Vol. 38, No. 7 DOI: 10.1177/0363546510363402 2010 저자(들)

yy참조 4, 6, 8, 9, 12, 14, 17-20, 22-25.

비행. 38, 아니오 2010년 7월

프로야구 투수의 토크 및 팔꿈치 부상 1369

오버헤드 투수들에게 나타나는 반복적인 부상 패턴은 내측 구획의 인장력과 외측 구획의 압축력으로 인해 팔꿈치의 구조가 손상되는 팔꿈치 외반(EV) 과부하 증후군입니다.1,8,25,26 긴장 내측 구획에서 척골 측부 인대의 긴장 또는 파열을 일으킬 수 있고, 외측 구획에서의 압박은 요골과 소두에 대한 퇴행성 연골 변화를 일으킬 수 있습니다. 이 시나리오에는 피칭 동작 중에 생성된 압축/인장 외반 토크에 대해 팔꿈치가 적절한 반대 내반 토크를 생성할 수 없을 때 발생합니다.

팔꿈치 외반 토크는 이 부상 시나리오에서 변형 토크로 이론화되었습니다. 이러한 이유로 EV 토크 이전의 동역학이 평가되었고 어떤 역학이 투수를 부상 위험에 빠뜨리는지 알아보기 위한 노력으로 크기가 정량화 되었습니다.1,8,22,25 EV 토크에 직접적인 이론적 효과가 있습니다.1,8,25 우리는 어깨 회전 속도 증가로 볼 속도를 획득한 투수가 전체 운동 사슬에 더 높은 스트레스를 가한다는 이론을 세웠습니다. 이 증가된 속도는 어깨 거들에서 생성된 증가된 회전 토크를 통해 획득되기 때문에 어깨 외부 회전(SER) 토크는 운동 사슬 내에서 생성된 잠재적으로 유해한 에너지의 직접적인 정량화라고 생각합니다. 따라서 우리는 SER의 증가된 크기를 팔꿈치 부상 위험에 대한 이론적 기여자 및 위험한 볼 전달 스타일로 확인된 "채찍질 동작"의 크기를 측정하는 이론적 수단으로 봅니다.1,25

이전 연구는 이 관계를 잘 문서화했습니다. 운동학 및 토크의 크기. 그러나 우리가 아는 한, 프로 야구 투수 집단의 부상 발생률과 EV 토크 및 SER 토크의 수준을 직접적으로 연관시킨 연구는 없습니다. 우리의 목표는 EV 토크 증가가 부상 증가와 관련이 있다는 확립된 사실과 SER 토크 증가가 부상 증가와 관련이 있다는 두 번째 가설을 테스트하는 것이었습니다. 투구 동작 전반에 걸쳐 그리고 투구 주기 내의 각 주요 투구 이벤트에서 상관 관계를 찾았습니다.

자료 및 방법

확립된 생체 역학 분석 모델을 사용하여 17-19 25명의 프로 투수들이 1998년 아리조나에서 열린 캐릭터스 리그 시즌의 경기 상황 동안 3대의 고속 비디오 카메라로 녹화되었습니다. 세 대의 120Hz 비디오 카메라(Peak Performance Technologies, Englewood, Colorado)는 던지는 선수의 전면 및 지배적 측면(예: 오른 손잡이 투수의 경우 왼쪽 필드에서, 오른쪽 필드 측면에서)을 캡처하도록 설정되었습니다. 왼손잡이 투수의 경우). 카메라 1대는 홈플레이트 위와 뒤의 가시석에 설치되었고, 추가 카메라 2대는 좌우 외야 관람석에 설치되었습니다. 데이터는 홈 플레이트 뒤의 카메라 세트와 특정 투수의 우세한 쪽 투수를 녹화하는 적절한 측면 카메라에서 사용되었습니다. 카메라가 보정되었습니다.

24포인트 보정 프레임(Peak Performance

기술). 마커는 기준 프레임을 만들기 위해 피칭 마운드에 배치되었습니다.

생체 역학 데이터 수집 시점에 각 투수에 대한 인구 통계 데이터가 수집되었습니다. 투수들의 평균 연령은 26.2±2.92세(범위, 20~30세)였다. 오른손 투수는 21명, 왼손 투수는 4명이었다.

투구는 표준 메이저 리그 마운드(높이 10인치)에서 홈 플레이트까지 60피트 6인치 거리로 던져졌습니다. 5온스의 질량과 9인치의 둘레를 가진 규정 야구공이 사용되었습니다. 각 투수에 대한 데이터는 스트라이크를 위해 던진 가장 빠른 투구에서 사용되었습니다.

Peak Performance Motus 시스템을 사용하여 각 카메라 보기에서 20개의 해부학적 지표와 볼 위치를 수동으로 디지털화했습니다. 전체 투구 주기를 캡처하기 위해 이 프로세스는 공이 글러브를 떠나기 전 50밀리초부터 공을 놓은 후 500밀리초까지 수행되었습니다. 각 해부학적 랜드마크와 공에 대한 3차원 좌표 데이터는 직접 선형 변환 방법을 사용하여 생성되었습니다. Butterworth 4차 제로 지연 디지털 필터를 사용하여 컷오프 10Hz로 데이터를 조절했습니다. 토크와 힘은 확립된 3차원 좌표계(그림 1 및 2)17-19를 사용하여 어깨와 팔꿈치에서 정의되었으며 Feltner 및 Dapena의 방법에 따라 계산되었습니다.7

문헌에서 피칭 시퀀스는 운동학적 분석에 도움이 되는 4가지 특정 피칭 이벤트로 정의되었습니다. 이러한 포인트에는 다음과 같은 투구 이벤트가 포함됩니다. 보폭 발 접촉, 최대 어깨 외부 회전, 공이 릴리스되는 순간 및 어깨의 최대 내부 회전 이벤트(그림 3). 일반적으로 이러한 이벤트는 피칭 주기의 3가지 주요 단계 사이의 전환을 의미하며 피칭 이벤트와 투수를 표준화된 비교를 가능하게 합니다. 코킹 단계는 보폭 발 접촉에서 최대 어깨 외회전 사이의 기간을 나타내고, 가속 단계는 최대 어깨 외회전에서 볼이 릴리스되는 순간까지의 기간을 나타내고, 팔로우 스루 단계는 볼이 릴리스되는 순간까지의 기간을 나타냅니다 그리고 어깨의 최대 내부 회전(그림 3).

시간적 정상화는 40%의 시간 경과를 나타내는 보폭 발 접촉, 80%의 시간 경과를 나타내는 최대 어깨 외회전, 90%의 시간 경과를 나타내는 볼 릴리스 순간, 100%의 시간 경과를 나타냅니다(그림 3). 이 프로토콜은 플레이어 간의 비교와 평균값 계산을 용이하게 했습니다.

투수별로 1998년, 1999년, 2000년의 경기력 데이터는 www.baseball-reference.com을 통해 수집했다. 데이터 수집 후 정규 시즌 메이저리그 경기에 한 번도 투구한 적이 없는 투수 2명은 최종 분석군에서 제외했다. , 최종 코호트에 총 23명의 투수가 남았습니다. 인구 통계학적 정보(나이, 키, 체중, 체질량 지수), 투수 유형(선발/릴리버), 플레이한 게임, 투구한 이닝, 경기당 투구, 전체 투구 수 등 부상에 기여할 수 있는 추가 요인도 분석했습니다.

각 연도의 공식 메이저 리그 야구 장애자 명단 부상 보고서는 부상 유형을 포함하여 주어진 투수의 부상 데이터를 결정하는 데 사용되었습니다.

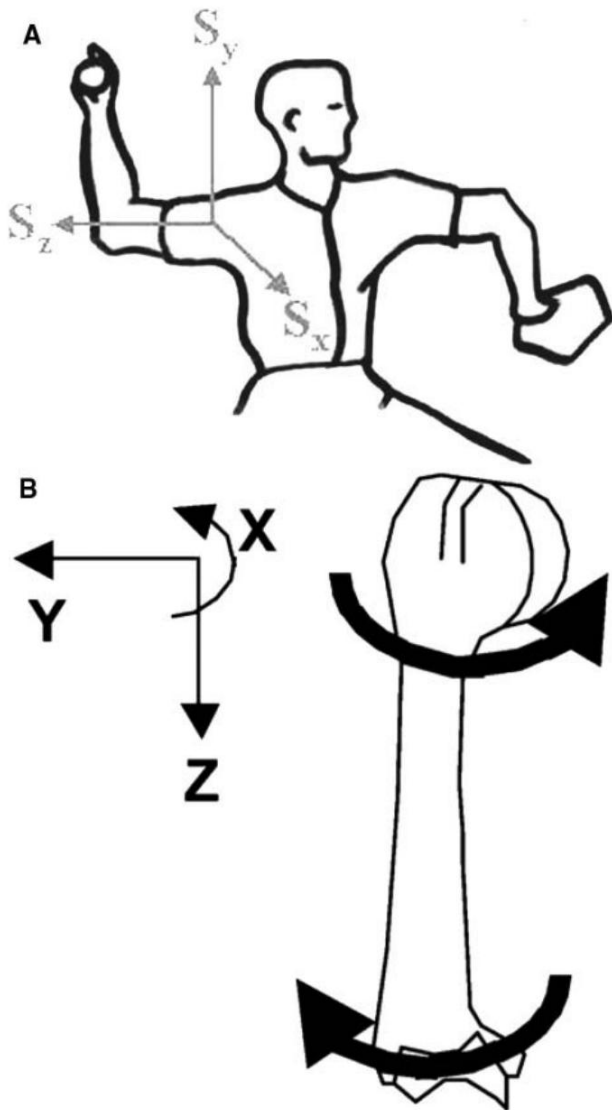


그림 1. 어깨 정의. 어깨에서 로컬 좌표계의 정의(A) 및 어깨 회전 토크 벡터의 정의 (B). (Sabick et al.18에서 재현한 그림)

그리고 놓친 시간. 수술과 관련된 부상을 입은 투수의 경우 훈련 직원과의 의사 소통 및/또는 필요에 따라 치료 의사를 통해 정보를 얻었습니다.

팔꿈치와 직접적인 관련이 없는 부상은 제외되었습니다: 사타구니 연조직염, 통풍, 장딴지 긴장, 손/손목 부상, 어깨 부상 및 척추 부상.

## 데이터 분석

팔꿈치 부상과 EV 및 SER 토크 수준의 연관성을 비교하기 위해 사람 내 가변성에 대한 복합 대칭 가정을 사용한 분산의 반복 측정 혼합 모델 분석을 사용했습니다. 또한, 피칭 동작 내 각 주요 지점에서 부상군과 비부상군 간의 차이를 최소자승평균모형의 차이로 분석하였다. 안

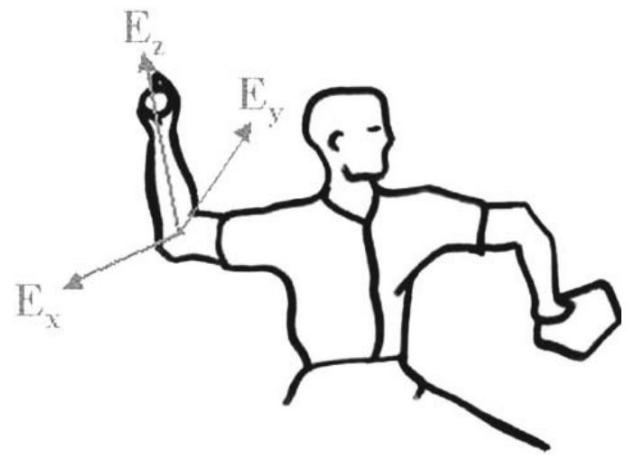


그림 2. 팔꿈치 정의. 팔꿈치에서 로컬 좌표계의 정의. 어이, 외반 토크. (Sabick et al.18에서 재현한 그림)

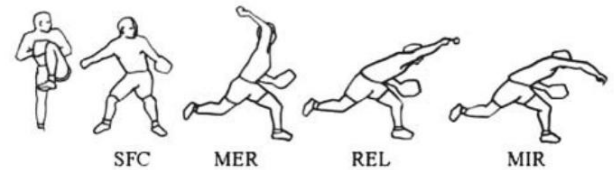


그림 3. 피칭 주기의 4가지 이벤트. 이 분석을 위해 투구 주기의 뚜렷한 이벤트에는 보폭 발 접촉(SFC), 어깨 최대 외부 회전(MER), 볼 릴리스(REL) 및 어깨 최대 내부 회전(MIR)이 포함됩니다. (Sabick et al.18에서 재현한 그림)

unpaired Student t 테스트는 부상 그룹과 비 부상 그룹 간의 인구 통계 데이터, 성능 정보, EV 토크 및 SER 토크를 비교하는 데 사용되었습니다. 통계적 유의성은 선형적으로  $P \leq .0500$ 으로 정의되었습니다.

## 결과

연구 대상 투수 그룹에는 팔꿈치 부상이 있는 선수가 9명 있었는데, 여기에는 재활 치료를 받은 팔꿈치 근육 염좌 및/또는 관절 염증이 있는 투수 4명, 재활 치료를 받은 척골 측부 인대 염좌가 있는 투수 2명, 척골 측부 인대 염좌가 있는 투수 3명이 포함됩니다. 외과적 재건이 필요한 눈물. 부상당한 그룹의 인구 통계 및 성능 데이터를 14명의 비 부상 투수 그룹과 비교했으며 통계적으로 유의미한 차이는 없었습니다(표 1 및 2). 시간에 관계없이 최대 EV와 최대 SER 토크의 차이도 Student t test로 평가하였다. 이 두 값을 포함하는 손상 그룹과 손상되지 않은 그룹 간에 통계적 차이는 발견되지 않았습니다(표 3).

혼합 모델 분석을 사용하여 피칭 동작 전반에 걸친 EV 토크를 비교한 결과 부상 그룹과 비 부상 그룹 간에 거의 유의미한 통계적 추세가 발견되었습니다( $P = .0547$ )(그림 4). 추가 분석

1 번 테이블  
부상당한 Groupa의 인구 통계

투수 번호 나이, y Ht, 무게, lb BMI R/L					성/재	계약 연주	아닝 투구	총 투구 투구/게임		부상	치료
1	24	74	175	22.52R 205	답장	54	72.1 1261 3722	23.4	부담	재활	
2	25	75	25.68R		답장	181	222	20.6	UCLS	재활	
삼	29	77	190	22.58R	성	18	95 1489	82.7	긴장/염증 재활		
4	28	73	192	25.38리터	성	83	446.2 7369	88.8	부담	재활	
5	23	74	200 25.73 R 236 31.20 R		성	20	110 1784년	89.2	UCLS	재활	
6	30	73	180 23.80 R 200 25.73 R		답장	158	165 2672	16.9	염증을 일으킴	재활	
7	26	73	74 77 225 26.74 R 74.4		답장	61	227.2 4112	67.4	UCLT	수술	
8	28	5	200.3 25.5 1 L/8 R 4 St/		답장	169	188.2 2955 303.2	17.5	UCLT	수술	
9	20	Re 88.1			성	49	5200 203.2 3396.0	106.1	UCLT	수술	
평균	25.9							56.9			

<sup>†</sup> 속도 측정 시 얻은 인구 통계 데이터. 다음 3개 시즌(1998-2000) 동안 얻은 작업량 데이터. BMI, 체질량 지수; R, 오른 손잡이; L, 왼손잡이; 세인트, 스타터; Re, 릴리버; 긴장, 팔꿈치 근육 중 하나 이상의 긴장; 재활, 집중적인 팔꿈치 재활 프로그램을 통한 비수술적 치료; UCLS, 척골 측부 인대 염좌; inflam, 팔꿈치 관절의 염증; UCLT, 척골 측부 인대 파열; 수술, 척골측부인대 재건술.

표 2  
P 값이 Student t Test인 비손상 그룹의 인구 통계

투수 번호 나이, y Ht, 무게, lb BMI R/L					St/Re 게임 플레이 아닝 투구 총 투구 투구/게임				
1	30	74	200	25.73알 27.45	답장	148	170.5	2871	19.4
2	23	76	225	알 24.46알	성	105	498.1	7565	72.0
3	30	72	180	22.58알 23.53	답장	202	238	3970	19.7
4	23	79	200	알 23.10알	답장	12	21	319	26.6
5	30	77	198	27.40알 25.09	성	102	653.1	10 385	101.8
6	26	72	170	알 24.36알	성	62	119.5	1966	31.7
7	27	74	213	27.02알 23.78	성	31	77.2	1349	43.5
8	26	74	195	엘 20.49알	답장	6	7.2	168	28.0
9	26	77	205	22.36알 25.68	답장			120	17.1
10	30	74	210	엘	답장	7	7	3227	52.9
11	26	72	175		성	61	185.2	4701	61.9
12	25	73	155		답장			165	23.6
13	30	71	160		답장	76 7	275.1 8 270	4486	23.5
14	28	75	205		답장	191 108	165.4	3105	28.8
평균	27.1	74.3	192.2	24.5 2L/12R 5St/9Re		79.9	192.5	3171.2	39.3
P 값	.31	.86	.36	.32		.77	.88	.84	.18

<sup>†</sup> P 값은 unpaired Student t 테스트 분석을 기반으로 부상 및 비 부상 그룹 데이터 간의 통계적 유의성 분석을 나타냅니다. BMI, 체질량 지수; R, 오른 손잡이; L, 왼손잡이; 세인트, 스타터; 레, 릴리버.

최소 제공의 차이는 최대 외회전 이벤트에서만 통계적으로 유의미한 차이가 발생한다는 것을 의미합니다(P 5 .0130). 다른 이벤트에서는 EV 토크의 통계적으로 유의미한 차이가 발생하지 않았습니다. 최대 외회전 시 비손상 그룹의 평균 EV 토크는 74.70 Nm(622.38), 손상 그룹의 평균 EV 토크는 91.62 Nm(622.96)였습니다(표 4).

발생하지 않았습니다. 최대 외회전 시 비손상군의 평균 SER 토크는 70.96 Nm(624.45), 손상군의 평균 SER 토크는 89.83 Nm(623.99)였다(Table 5).

논의

혼합 모델 분석을 사용하여 투구 동작 전반에 걸친 SER 토크를 비교한 결과 부상 그룹과 비 부상 그룹 간에 거의 유의미한 통계적 추세가 발견되었습니다(P 5 .0548)(그림 5). 최소 제공의 차이를 사용한 추가 분석은 통계적으로 유의미한 차이가 최대 외부 회전 이벤트에서만 발생한 것으로 결정했습니다(P 5 .0018). 다른 3개의 시점에서 SER 토크의 통계적으로 유의미한 차이

야구공을 던지는 동작은 하지에서 시작하여 코어, 몸통, 어깨, 팔꿈치, 손목 및 손을 거쳐 야구공에 이르는 운동 사슬이 높은 공을 생성하는 데 필요한 상당한 힘을 생성하는 복잡한 주기입니다. 속도, 프로 투수의 경우 시속 100마일에 근접하거나 초과하는 속도를 일상적으로 볼 수 있습니다. 높은 수준의 에너지가 운동 사슬의 구성 요소를 통과하여

표 3  
최대 팔꿈치 외반 토크와 최대 어깨 외회전 토크의 비교

스튜던트 t 검정을 사용한 부상 및 비손상 그룹			
	부상자 (n 5 14) 평균(SD)	다치지 않은 (n 5 9) 평균(SD) P 값a	
토크			
최대 팔꿈치 외반	98.8 (18.8)	91.4 (13.6)	.28
최대 어깨 외회전	97.0 (19.1)	88.7 (14.0)	.24

<sup>a</sup> Student t 테스트 분석에서 얻은 P 값.

표 4  
팔꿈치 외반 토크의 비교

정점 사이클 이벤트	부상자 집단 평균 토크, nm(SD)	무부상 그룹 평균 토크, Nm(SD)	최소 제공 평균 P 값
SFC	2.86(7.84)	1.97(7.67)	.89
더	91.6(23.0)	74.7(22.4)	.013
REL	17.2(14.5)	6.67(16.3)	.12
나에게	22.77(8.62)	0.77(13.8)	.60

<sup>a</sup> 피칭 사이클의 4가지 주요 지점에서 평균 팔꿈치 외반 토크 값의 부상 그룹과 비 부상 그룹 간의 비교는 최대 어깨 외부 회전(MER)에서만 P 값이 유의한 최소 제공 평균 분석을 생성했습니다. SFC, 보폭 발 접촉; REL, 볼 릴리스; MIR, 최대 내부 회전.

그런 수준의 볼 스피드. 투수에게서 흔히 볼 수 있는 과사용 부상은 운동 사슬의 가장 약한 연결 고리, 특히 팔꿈치에 대한 이러한 높은 수준의 에너지의 영향에 오랫동안 기인해 왔습니다. 그러나 직업 인구에서 부상과 이러한 높은 수준의 에너지 사이의 연관성을 직접적으로 설명하는 연구는 없습니다.

우리의 연구는 피칭 주기의 복잡한 생체 역학 내에서 EV 토크와 SER 토크라는 두 가지 고유 변수를 운동 사슬의 2개의 기존 가장 약한 링크에서 볼 수 있는 에너지 수준의 측정값으로 분석하고자 했습니다. 우리는 피칭 동작 전반에 걸쳐 EV 및 SER 토크의 높은 수준으로 팔꿈치 부상에 대한 거의 중요한 추세를 발견했습니다. 특히, 우리는 팔꿈치 부상을 입은 투수들의 피칭 사이클의 후반 코킹 단계에서 EV와 SER 토크 모두 통계적으로 유의미하게 더 높은 수준을 발견했습니다. 이러한 발견은 투수의 팔꿈치 부상에 대한 오랜 이론을 확인시켜줍니다. 어깨의 최대 외회전 시 EV 토크가 최고조에 달하는 것으로 확인되었으며, 이 값은 전문가 수준에서 120 Nm에 근접할 수 있습니다.<sup>7,8,22,25</sup> 우리의 연구에서는 유사한 수준의 EV 토크를 발견했으며 늦은 코킹 단계에서 이러한 수준의 정점. 동시에 볼 속도가 생성되는 방식에 대한 운동 사슬 이론과 일치하는 이 시점에서도 SER 토크 값의 피크를 확인했습니다.

투수는 몸통 회전과 어깨 내부 회전의 조합으로 높은 수준의 볼 속도에 필요한 에너지를 생성합니다. 팔꿈치 외반 토크는 오랫동안

표 5  
어깨 외회전 토크 비교

피치 사이클 이벤트	부상자 집단 평균 토크, nm(SD)	무부상 그룹 평균 토크, Nm(SD)	최소 제공 P 값을 의미
SFC	2.62(7.65)	1.77(7.29)	.88
더	89.8(24.0)	71.0(24.5)	.0018
REL	6.89(4.92)	5.26(6.94)	.78
나에게	20.36(4.17)	0.04(8.06)	.94

<sup>a</sup> 피칭 사이클의 4가지 주요 지점에서 평균 팔꿈치 외반 토크 값의 부상 그룹과 비 부상 그룹 간의 비교는 최대 어깨 외부 회전(MER)에서만 P 값이 유의한 최소 제공 평균 분석을 생성했습니다. SFC, 보폭 발 접촉; REL, 볼 릴리스; MIR, 최대 내부 회전.

팔꿈치에서 경험하고 EV 확장 과부하 증후군에서 보이는 부상의 원인이 되는 변형 토크의 척도로 이론화되었습니다. 우리의 연구 결과는 최대 외부 회전 순간에 부상과 EV 토크 사이의 문서화된 관계를 통해 이를 뒷받침합니다. 마찬가지로 어깨 회전 토크는 어깨 회전 속도의 원천입니다. 특정 스타일의 투구에서는 몸통 움직임이 아닌 어깨 회전 속도를 사용하여 볼 속도를 생성합니다.<sup>1,25</sup> 결과적으로 SER 토크는 어깨의 힘을 포착하는 척도이며 이론적으로 잠재력을 측정합니다. 운동 사슬 전체에 부상을 입힐 수 있습니다. 우리의 연구 결과는 최대 외부 회전 순간 부상과 증가된 값 사이의 상관 관계를 문서화하여 이 값의 증가된 크기가 팔꿈치 부상의 위험 요소라는 이론을 뒷받침합니다.

Aguinaldo와 Chambers<sup>1</sup>는 최근에 EV 토크가 운동 사슬 내에서 6개의 별개의 생체역학적 매개변수에 의해 직접적으로 영향을 받는다는 것을 보여주었습니다. 특히 늦은 몸통 회전, 어깨 외부 회전 감소, 팔꿈치 굴곡 증가는 EV 토크 수준과 가장 밀접한 관련이 있습니다. 따라서 이러한 생체역학적 매개변수를 조작하면 EV 및 SER 토크 수준에 영향을 미칠 수 있습니다. 실제로 Davis et al<sup>3</sup>의 최근 연구에 따르면 부적절한 역학을 가진 청소년 야구 투수는 투구하는 동안 높은 상완골 내부 회전 토크와 높은 EV 부하를 보입니다. 그러나 적절한 메커니즘을 갖춘 투수는 토크 값이 낮고 투구 효율이 더 높았습니다. 연구와 관련하여 이러한 결과는 적절한 피칭 메커니즘을 구현하면 EV 및 SER 토크 수준을 낮출 수 있으므로 부상률을 줄일 수 있음을 의미합니다. 연구 결과 투구 역학이 일반적으로 플레이 수준에 따라 개선되는 것으로 나타났지만,<sup>9,10</sup> 우리 연구에서 볼 수 있는 전문가 수준의 결과는 모든 수준의 투구에서 중요한 영향을 미칩니다.

Murray와 동료<sup>15</sup>는 우리 연구와 매우 유사한 방법을 사용하여 투구 동작의 여러 생체역학적 매개변수에 대한 피로의 영향을 분석했습니다. 그들은 EV 또는 SER 토크 수준에 대한 피로의 유의미한 영향을 발견하지 못했습니다. Escamilla et al<sup>6</sup>의 또 다른 연구에 따르면 특정 투수의 어깨와 팔꿈치 운동학 및 투구 동작의 운동학은 볼 속도가 떨어질 수 있지만 투수가 피로해지기 때문에 게임이 진행되는 동안 변경되지 않습니다. 이러한 연구 결과는 더욱 강조합니다.



비행. 38, 아니오 2010년 7월

프로야구 투수의 토크 및 팔꿈치 부상 1373

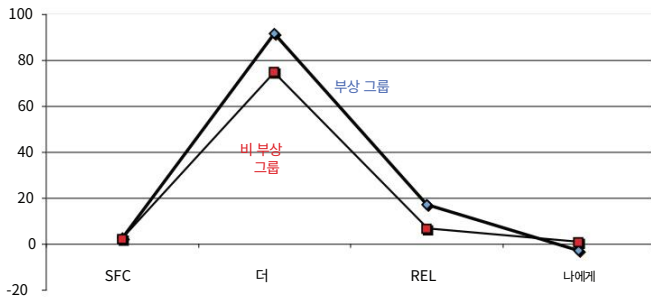


그림 4. 피칭 동작 전반에 걸친 팔꿈치 외반: stride foot contact(SFC), 어깨 최대 외회전(MER), 볼 릴리스(REL), 어깨 최대 내회전(MIR)

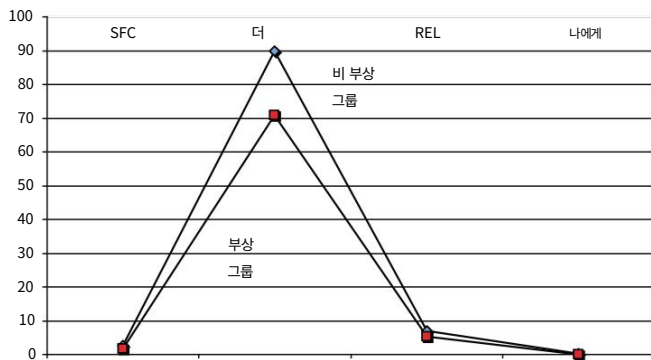


그림 5. 투구 동작 중 어깨 외회전 그래프: stride foot contact(SFC), 어깨 최대 외회전(MER), 볼 릴리스(REL), 어깨 최대 내회전(MIR)

EV 및 SER 토크 수준에 영향을 미치는 주요 요인으로서 피로보다는 적절한 역학의 중요성, 따라서 계획된 부상 감소 개입의 이상적인 주요 목표입니다.

우리의 연구 결과에 의해 제기된 한 가지 질문은 부상의 위험 요소로서 볼 속도와 피치 유형의 역할입니다. 동일한 투수 코호트를 대상으로 한 별도의 연구<sup>2</sup>에서 우리는 볼 속도 증가가 팔꿈치 부상에 대한 별개의 독립적인 위험 요소이며 볼 속도가 가장 빠른 3명의 투수는 궁극적으로 척골 측부 인대 재건술이 필요한 3명이라는 사실을 발견했습니다. 우리의 프로토콜은 스트라이크를 위해 던진 가장 빠른 투구(아마도 패스트볼) 분석을 포함하고 투구 유형을 직접 제어하지 않았기 때문에 부상의 위험 요소로 투구 유형을 조사할 수 없었습니다. 여러 연구에서 다양한 투구 유형의 생체 역학과 부상 위험에 미치는 영향을 조사했지만<sup>5,11,12,16</sup> 우리 연구에서는 데이터 분석에 투구 유형을 포함하려고 시도하지 않았습니다. 단지 1개의 투구에 대한 우리의 분석은 선택한 투수의 역할을 정확하게 정량화하지 못할 수 있으므로 부상에 대한 진정한 위험 요소를 정량화하지 못할 수 있기 때문에 우리 연구의 약점입니다. 투수의 스타일 분류, 여러 투구를 기반으로 한 EV 및 SER의 정량화, 부상에 대한 후속 조사를 포함하는 향후 연구 설계는 이상적인 모델 설계가 될 것입니다.

피치 유형 분석의 부족 외에도 이 연구에는 눈에 띄는 추가 약점이 있었습니다. 샘플 크기가 25명에 불과하고 그 중 2명은 최종 분석에 사용할 수 없다는 것이 약점의 원인입니다. 둘째, 비디오 테이프 데이터 수집 시간은 주어진 투수에 대한 일탈일 수 있으며, 그 결과 해당 투수의 일반적인 투구 동작을 진정으로 나타내지 않는 분석 결과가 나올 수 있습니다. 또한 부상에 대한 관찰을 후속 3시즌으로 제한했습니다.

이 방법은 시간이 지남에 따라 투구 메커니즘을 변경할 수 있는 가능성을 열어주지만 많은 투구 부상에 공통적인 과사용 효과를 포착하기 위해 단일 시즌 아틀 이상을 사용하는 것이 필요하다고 생각했습니다. 넷째, 어깨 부상을 변수로 구체적으로 분석하지 않았다. 어깨 부상은 분명히 팔꿈치 부상 위험에 영향을 미칠 수 있지만 이 연구에서는 팔꿈치 부상에만 집중하려고 했습니다. 실제로 전체 코호트에서 3건의 어깨 부상만 나타났다기 때문에 의미 있는 통계 분석을 위한 충분한 힘이 부족했을 가능성이 높습니다.

마지막으로, 바람직하게는 자기 공명 영상으로 우리 코호트의 방사선 평가는 생체 역학적 데이터를 기록하기 전에 수행되지 않았습니다. 따라서 근본적인 무증상 병리학적이상이 우리 코호트에서 배제될 수 없습니다. 우리 연구의 약점에 대한 후향적 분석을 통해 현재 결과를 확장하기 위한 미래 연구의 더 나은 설계가 가능합니다.

## 결론

결론적으로, 우리의 연구는 피칭 동작의 늦은 코킹 단계가 실제로 팔꿈치 부상 위험 측면에서 중요한 지점임을 보여주었습니다. 또한 사이클의 이 이벤트에서 더 높은 수준의 EV 및 SER 토크는 수술이 필요한 부상을 포함하여 팔꿈치 부상의 생체 역학적 위험 요소입니다. 이것은 야구 투수의 부상 원인에 관한 오랜 이론을 확인시켜줍니다. 투구 역학에 대한 이해가 향상됨에 따라 높은 수준의 속도와 전반적인 투구 성능을 유지하면서 이 중요한 지점에서 토크 수준을 줄이는 방법에 집중함으로써 부상 위험을 줄이는 것이 가능할 수 있습니다. 또한 경쟁 인구 내에서 이러한 값을 쉽게 계산하는 방법은 부상 위험이 있는 투수를 선별하는 데 도움이 될 수 있습니다.

## 승인

저자는 이 기사를 준비하는 데 통찰력과 조언을 제공한 Colorado Rockies Training Staff의 Keith Dugger에게 감사를 표합니다.

## 참조

1. Aguinaldo AL, Chambers H. 성인 야구 투수의 팔꿈치 외반 부하와 투구 역학의 상관 관계. J Sports Med입니다. 2009;37(10):2043-2048.
2. Bushnell BD, Anz AW, Noonan TJ, Torrey MR, Hawkins RJ. 프로 베이스볼 투수의 최대 투구 속력과 팔꿈치 부상의 연관성[2010년 1월 21일 온라인 출판]. J Sports Med입니다. doi:10.1177/0363546509350067.

3. Davis JT, Limpisvasti O, Fluhme D, 외. 청소년 야구 투수들의 투구 생체 역학이 상지에 미치는 영향. J Sports Med입니다. 2009;37(8):1484-1491.
4. Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR. 어깨 운동학에 중점을 둔 피칭의 생체 역학. J Orthop Sports Phys Ther. 1993;18(2):402-408.
5. Dun S, Loftice J, Fleisig GS, Kingsley D, Andrews JR. 청소년 야구 투구의 생체역학적 비교: 커브볼이 해로운가요? J Sports Med입니다. 2008;36(4):686-692.
6. Escamilla RF, Barrentine SW, Fleisig GS, 외. 모의 야구 경기 중 투수가 근육 피로에 접 근할 때 피칭 생체 역학. J Sports Med입니다. 2007;35(1):23-33.
7. Feltner M, Dapena J. 야구 피치 중 던지는 팔의 어깨와 팔꿈치 관절의 역학. Int J Sports Biomech. 1986;2:235-259.
8. Fleisig GS, Andrews JR, Dillman CJ, Escamilla RF. 부상 메커니즘에 대한 암사와 베이 스볼 피칭의 동역학. J Sports Med입니다. 1995;23(2):233-239.
9. Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, Escamilla RF, Andrews JR. 다양한 발달 수준에서 야구 투구의 운동학적 및 운동학적 비교. 제아바이오메. 1999;32(12):1371-1375.
10. Fleisig GS, Chu Y, Weber A, Andrews JR. 다양한 수준의 경쟁에서 야구 투구 생체 역학 의 가변성. 스포츠 바이오 메크. 2009;8(1):10-21.
11. Fleisig GS, Kingsley D, Loftice J 등. 대학야구 투수의 패스트볼, 커브볼, 체인지업, 슬라이 더의 운동역학 비교. J Sports Med입니다. 2006;34(3):423-430.
12. Lyman S, Fleisig GS, Andrews JR, Osinski ED. 청소년 야구 투수의 투구 유형, 투구 수, 투구 메커니즘이 팔꿈치 및 어깨 통증 위험에 미치는 영향. J Sports Med입니다. 2002;30(4):463-468.
13. Lyman S, Fleisig GS, Waterbor JW 등. 청소년 야구 투수의 팔꿈치와 어깨 통증에 대한 종 단적 연구. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(11):1803-1810.
14. Matsuo T, Fleisig GS. 모의 투구 중 대학 야구 투수의 최대 팔꿈치 내반 토크에 대한 어깨 외 전 및 측면 몸통 기울기의 영향. J Appl Biomech. 2006;22(2):93-102.
15. 머레이 TA, 쿡 TD, 베르너 SL, 슬레겔 TF, 호킨스 RJ. 연장전이 프로야구 투수에게 미치는 영 향. J Sports Med입니다. 2001;29(2):137-142.
16. Nissen CW, Westwell M, Ounpuu S, Patel M, Solomito M, Tate J. 청소년 야구 투수 의 패스트볼과 커브 볼의 생체역학적 비교. J Sports Med입니다. 2009;37(8):1492-1498.
17. Sabick MB, Kim YK, Torry MR, Keirns MA, Hawkins RJ. 청소년 야구 투수의 어깨 생 체역학: 근위 상완골 골단 융해증과 상완골 후방 염전 발생에 대한 시사점. J Sports Med입 니다. 2005;33(11):1716-1722.
18. Sabick MB, Torry MR, Kim YK, Hawkins RJ. 프로야구 투수의 상완골 토크. J Sports Med입니다. 2004;32(4):892-898.
19. Sabick MB, Torry MR, Lawton RL, Hawkins RJ. 청소년 야구 투수의 외반 토크: 생체 역학 연구. J 어깨 팔꿈치 수술. 2004;13(3):349-355.
20. Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, Andrews JR. 야구 투구 속도에 대한 생체역학적 요인의 관계: 투수 편차 내. J Appl Biomech. 2005;21(1):44-56.
21. 톨로스 HS, 킹 JW. 스포츠에서 던지는 메커니즘. Orthop Clin North Am. 1973;4(3):709-720.
22. Werner SL, Fleisig GS, Dillman CJ, Andrews JR. 야구 투구 시 팔꿈치의 생체역학. J Orthop Sports Phys Ther. 1993;17(6):274-278.
23. 베르너 SL, 길 TJ, 머레이 TA, 쿡 TD, 호킨스 RJ. 프로야구 투수의 던지는 역학과 어깨 산만도 와의 관계. J Sports Med입니다. 2001;29(3):354-358.
24. Werner SL, Guido JA Jr, Stewart GW, McNeice RP, VanDyke T, Jones DG. 대학 야 구 투수의 투구 역학과 어깨 산만도와의 관계. J 어깨 팔꿈치 수술. 2007;16(1):37-42.
25. 베르너 SL, 머레이 TA, 호킨스 RJ, 길 TJ. 프로야구 투수의 던지는 역학과 팔꿈치 외반의 관계. J 어깨 팔꿈치 수술. 2002;11(2):151-155.
26. Wilson FD, Andrews JR, Blackburn TA, McCluskey G. Valgus의 피칭 엘보우 확장 과부하. J Sports Med입니다. 1983;11(2):83-88.