



Sporcu dirseğinde biyomekanik

Biomechanics in athlete's elbow

Alper Şükrü Kendirci, Yunus Oklu

Erciş Şehit Rıdvan Çevik Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Van

Elin uzaysal hareketinin maksimum fonksiyonda gerçekleştirilebilmesi için bütün üst ekstremité yapıları tam bir uyum içerisinde çalışmalıdır. Dirsek eklemi de üst ekstremitenin merkezi konumunda bulunan ve gerçekleştirilen hareketlerin genişliğinde ve kuvvetinde kilit rol oynayan eklemdir. Özellikle atış sporlarında dirsek eklemi sınırlarını zorlayarak hareket eder. Bu sebeple de sporcularda ciddi yaralanmalarla karşılaşmak kaçınılmazdır. Beyzbol, Amerikan futbolu, tenis, golf, cirit gibi sporlarda dirsek yaralanmalarından kaçınmak veya meydana gelen yaralanmalarının mekanizmasını anlayabilmek için dirsek biyomekaniğine hâkim olunması gerekmektedir. Bu yazıda dirsek biyomekaniği sporcu temelinde tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: dirsek biyomekaniği; sporcu dirseği; atış biyomekaniği

All upper extremity structures must work in full harmony for the spatial movement of the hand. The elbow is the joint located in the central position of the upper extremity and plays a key role in the width and strength of the movements performed. Especially in throwing sports, the elbow joint moves by forcing its limits. For this reason, it is inevitable to encounter serious injuries in athletes. In sports such as baseball, american football, tennis, golf, javelin, it is necessary to understand elbow biomechanics in order to avoid elbow injuries or to understand the mechanism of injury. In this article, elbow biomechanics are discussed on an athlete basis.

Key words: elbow biomechanics; sports elbow; throwing biomechanics

Üst ekstremitenin, en iyi fonksiyona sahip olabilmesi için tüm komponentler kinematik bir zincir şeklinde bağlı olmalıdır. Bu zincirde omuz eklemi bir kavşak olarak, dirsek eklemi santral parça olarak, el ise asıl işi yapan parça olarak görev alır. Dirsek eklemi, omuz eklemine göre daha kısıtlı eklem hareketine sahip olmasına rağmen elin uzay boşluğunda maksimum fonksiyonu için omuzla senkronize hareket eder. Sportif aktiviteler sırasında özellikli hareketlerin gerçekleştirilebilmesi için tüm üst ekstremitenin ve özellikle dirseğin özel bir uyum içerisinde çalışması gerekmektedir. Çünkü sporcular atıpkı güce, hıza ve eklem hareketlerine ihtiyaç duyarlar.

EKLEM BİYOMEKANİĞİ

Fleksiyon-Ekstansiyon

Dirsek eklemi; fleksiyon-ekstansiyon arka 0-180° arasında, pasif ve aktif hareketin yanı sıra ön kol pronasyonu ve supinasyonu ile değişen esnek bir men-

teşe olarak tarif edilmiştir. Medial ve lateral kondil düzlemine göre 3° ile 5° iç rotasyona ve humerusun uzun eksenine göre 4° ile 8° derece valgusa yönlendirilir. Özellikle fleksiyon-ekstansiyon eksenine, humerusun uzun eksenine ve ulnanın uzun eksenine tarafından belirlenir ve 11° ile 14° arasında değişen, taşıma açısı olarak da adlandırılan hafif bir valgus açılmasına sahiptir.^[1] Bu açı dirsek ekstansiyonu sırasında yaklaşık 6°'lik bir değişim gösterirken fleksiyon sırasında tamamen sıfırlanır. Taşıma açısı 14° olduğunda hareket eksenine, koronoid çıkıntının tabanından ve radius başın artiküler yüzünden humeral fossanın anterior yüzüne karşı yaklaşık 7°'dir.^[2]

Pronasyon-Supinasyon

Radiokapitellar eklem ve proksimal radioulnar eklem ön kolun pronasyon ve supinasyonundan sorumludur. Pronasyon 80-90°, supinasyon ise yaklaşık 90°'dir. Bilek ve parmak hareketleri ise elin ekstra

İletişim / Contact: Op. Dr. Alper Şükrü Kendirci • **E-posta / E-mail:** alpersukru@gmail.com

ORCID iD: Alper Şükrü Kendirci, 0000-0001-6250-2469 • Yunus Oklu, 0000-0002-9172-8528

Geliş / Received: 27 Ocak 2023 • **Revizyon / Revised:** 21 Şubat 2023, 27 Mart 2023 • **Kabul / Accepted:** 28 Mart 2023

30°'lik dönüşüne olanak tanır. Hemen hemen bütün günlük aktiviteler 50° pronasyon ve 50° supinasyon olmak üzere 100°'lik ön kol rotasyonu ile gerçekleştirilebilir. Ön kolun prono-supinasyonunun fizyolojik eksenini, radius başı merkezinden distal ulnaya doğrudur.^[3] Distal ulna pronasyon sırasında dairesel bir hareket izler. Bu durum ulna rotasyonunu engelleyen distal humerus ve proksimal ulna eklemleşmesi sebebiyle olur. Radius başının eliptik şekli ise sirküler bağ ile birlikte proksimal radioulnar eklem kaymasına izin verir. Bu organize yapı dirsek fonksiyonu gerektiren günlük aktiviteler sırasında radial başın subluksasyonunu önler.^[4]

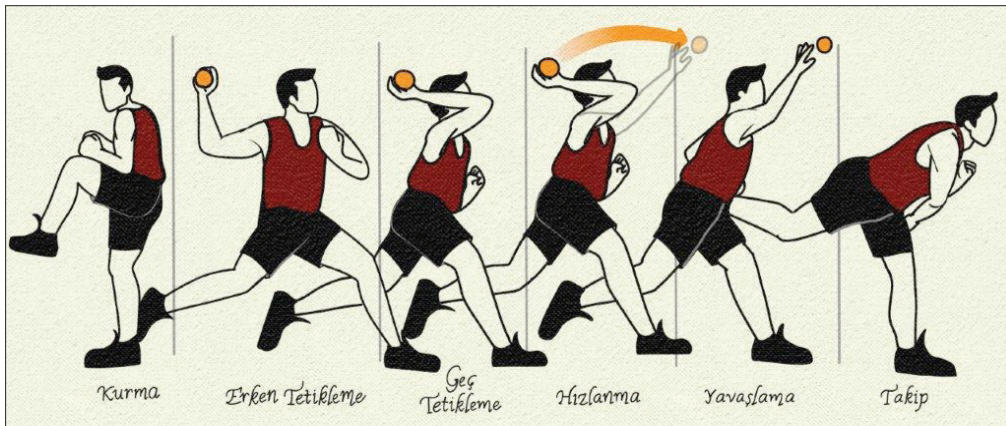
Dirseği stabilize eden faktörler kolun pozisyonuna göre değişkenlik gösterir. Ön kol rotasyonu dirseğin varus ve valgus laksitesini etkiler. Bu sebeple sporcularda dirsek stabilitesi farklı pronasyon ve supinasyon pozisyonlarında değerlendirilmelidir. Dirsek fleksiyonu sırasında başlıca stabilizan medial kollateral ligament iken ekstansiyon sırasında anterior kapsül yumuşak doku geriliminin yaklaşık %70'ini karşılar. Tam ekstansiyonda ulno-humeral eklem, anterior eklem kapsülü ve medial kollateral ligament valgus stabilitesine benzer katkılar sağlar.^[5] Fleksiyonda ise medial kollateral ligament dirsek stabilitesinin %70'inden sorumludur. Varus strese karşı direnç ise anterior kapsülle birlikte ulno-humeral eklem tarafından sağlanır. Tam ekstansiyon sırasında varus kuvvetleri olekranon fossada bulunan olekranon ve lateral kollateral ligament tarafından kontrol edilir. Bu yapılar gerim stabilizasyonunun yaklaşık %50'sinden sorumludur. Tam zıt olarak 90° fleksiyonda ise bu yapıların stabilizasyona katkısı %70'e çıkar. Lateral kollateral ligament hem ekstansiyonda hem de fleksiyonda en küçük varus direnç faktörüdür. Ekstansiyon sırasında distraksiyonun engellenmesinde %85 etkiye sahip yapı anterior eklem kapsülüdür, fleksiyonda ise medial kollateral ligament distraksiyona karşı %80 etkiye sahip yapıdır.^[6]

ATIŞ BİYOMEKANİĞİ

Üst ekstremité yaralanmaları tüm spor yaralanmalarının yaklaşık %25'ini oluşturur.^[7] Herkesçe bilinmektedir ki lateral ve medial epikondilit gibi bazı dirsek yaralanmaları en çok görüldüğü veya mekanizmasının ilk defa aydınlatıldığı sporlarla adlandırılmaktadır (tenisçi dirseği, golfçü dirseği).^[7] Primer dirsek çıkıklarının ön kolun pozisyonundan bağımsız olarak göreceli ekstansiyonda meydana geldiği kabul edilmektedir.^[6] Primer mekanizma zorlu ekstansiyonda valgus stresinin başlıca karşılayıcısı olan medial kollateral ligament hasarına sebep olacak şekilde valgus kuvvetine maruz kalınmasıdır. Dirsek yaralanmalarının biyomekaniği beyzbol atışı, Amerikan futbolu pas atışı, teniste servis hareketi ve cirit atma gibi baş üstü olarak tabir edilen spor hareketlerinde analiz edilmiştir. Üst düzey beyzbol atıcıları günde 1.500 defaya kadar top atabilir. Bu sebeple yaralanmaların önlenmesi için hareketin her teknik detayı titizlikle incelenmelidir. Bu tür sporlardaki tüm teknik hatalar, eklem işlevi üzerine feci sonuçlara yol açabileceği için sporda dirsek biyomekaniğinin ve dirsek hastalıklarının anlaşılması için mutlak gerekliliktir.^[8]

Beyzbol

Beyzbol atışı biyomekanik incelemelerde beş faza ayrılmıştır.^[9] Faz I (kurma), dirseğin fleksiyona alındığı ve ön kolun ise hafifçe pronasyonda olduğu fırlatma için ilk hazırlık aşamasıdır. Faz II (erken tetikleme), top elden ayrıldığı anda başlar ve ilerdeki ayak yere değdiğinde sona erer. Bu aşamada omuz abduksiyonu ve dış rotasyonu başlar. Faz III (geç tetikleme), dirseğin 90° ile 120° arasında fleksiyonu ve ön kolun 90°'ye pronasyonu ile birlikte tam omuz abduksiyonu ve maksimal dış rotasyonu gerçekleşir. Faz IV (ani hızlanma), ekstremitéye yönelik kapsamlı bir kuvvet aktarımı ve ardından hızlı bir dirsek ekstansiyonuyla meydana gelir. Topun elden çıkmasıyla sona erer (Şekil 1).



Şekil 1. Beyzbol atışı hareketi aşamaları.



Şekil 2. Geç tetiklenme fazında dirsek pozisyonu ve maruz kalınan kuvvetler.

Fırlatma döngüsü sırasında dirsek ekstansiyonu hızı 2300°/sn'nin üzerine çıkar. Bu tür bir hareket, yaklaşık 300 N'luk bir medial makaslama kuvveti ve yaklaşık 900 N'luk bir lateral kompresyon kuvveti oluşturur. Dirsek üzerindeki en yüksek valgus kuvveti, dirseğin 95° fleksiyona maruz kaldığında oluşan 64 N'lik kuvvet ile geç tetikleme fazında meydana gelir (Şekil 2). Top elden çıktığı anda dirseğin laterali 500 N'nin üzerinde bir kuvvete maruz kalır.^[10] Dirseğin medial ve lateral kompartmanları üzerinde meydana gelen bu kuvvetler sporcunun ciddi yaralanmalarla karşılaşmasına sebep olabilir. Hızlanma fazı sırasında dirsek medialinde muazzam bir valgus streşi oluşur ve ulnar kollateral bağ primer olarak buna karşı koyar.^[11] Dirsek medialinin sekonder stabilizan yapıları bu kuvvetin geri kalan kısmını karşılarlar. Faz V (takip), kinetik enerjinin dağılmasıyla karakterizedir, dirsek tam ekstansiyonla devam eder ve hareket kemerini sonlandırır.^[6]

Amerikan Futbolu

Amerikan futbolundaki pas hareketi niteliksel olarak beyzbol atışına benzer. Kol kaldırma sırasında bir oyun kurucunun dirsek fleksiyonu ortalama 113°'dir. Kol kaldırma hareketi sırasında dirsekte maksimum 280 N medial kuvvet ve maksimum 54 N varus gücü üretilir. Kol hızlanması sırasında dirsek ekstansiyon hızı 1760°/sn'ye kadar yükselir. Takip eden yavaşlama hareketinde 620 N'lik bir kompresif kuvvet ile birlikte 41 Nm'lik bir fleksiyon torku üretilir. Daha yavaş gerçekleşen dirsek ekstansiyonu oyun kuruculara dirsek yaralanmalarının beyzbol atıcılarına göre daha az görülmesini açıklayabilir.^[6]

Tenis

Dirsek eklemi, teniste servis sırasında ihtiyaç duyulan gücün %15'ini karşılar. Raketin ucu *backhand* hareketinde üretilen enerji, yük, kuvvet kolu mekanizması göz önünde bulundurulduğunda 25 kg'lık bir yük kaldırılmasında ihtiyaç duyulan bir eforla karşılaştırılabilir. Bu durumlar ekstansör mekanizmanın tenisçi dirseği olarak adlandırılan lateral epikondilit hastalığından neden sorumlu olduğunun temelini oluşturur. Baş üstü atışlarda olduğu gibi tenis servisi de ciddi açılma hızına sahiptir. Dirsek ekstansiyonunda 982°/sn, pronasyonunda ise 347°/sn'ye kadar ulaşan hızlar görülür.^[12,13]

Golf

Golfta aşağı salınma hareketi sırasında üretilen dirsek hızları baş üstü spordaki fırlatma hareketleri sırasındaki hızlara göre oldukça düşüktür. Maksimum dirsek ekstansiyon hızları 604°/sn ile 848°/sn arasında tespit edilmiştir. Dominant elin oluşturduğu kuvvetle birlikte dominant olmayan elin de dengeli bir vuruşun elde edilmesi için koordine bir şekilde harekete katılması gerekmektedir. Üst düzey golfçülerin hareket sırasında üst kollarını aşağı doğru daha erken konumlandığı ve dirseklerle birlikte el bileklerinin ekstansiyonunu da geciktirdiği gözlemlenmiştir. Bu sporcular dönme hareketine karşı direnci düşük tutarak sopanın açılma ivmesini maksimuma çıkarırlar. Topa vurma anında her iki dirsek ekstansiyonu 170-175° arasındadır. Vuruş ardından takip aşamasında kollar omuz seviyesine ulaştığında her iki dirsek de kol hızını, gövde dönüşünü yavaşlatmak ve postural dengeyi sağlamak amacıyla fleksiyona gelir.^[6]

KAYNAKLAR

1. Duck TR, Dunning CE, King GJW, Johnson JA. Variability and repeatability of the flexion axis at the ulnohumeral joint. J Orthop Res 2003;21(3):399-404. **Crossref**
2. Boone DC, Azen SP. Normal range of motion of joints in male subjects. JBJS 1979;61(5):756-59. **Crossref**
3. Kapandji A. Biomechanics of pronation and supination of the forearm. Hand Clin 2001;17(1):111-22. **Crossref**
4. Moore DC, Hogan KA, Crisco III JJ, Akelman E, DaSilva MF, Weiss APC. Three-dimensional in vivo kinematics of the distal radioulnar joint in malunited distal radius fractures. J Hand Surg Am 2002;27(2):233-42. **Crossref**
5. Kancherla VK, Caggiano NM, Matullo KS. Elbow injuries in the throwing athlete. Orthop Clin 2014;45(4):571-85. **Crossref**
6. Loftice J, Fleisig GS, Zheng N, Andrews JR. Biomechanics of the elbow in sports. Clin Sports Med 2004;23(4):519-30. **Crossref**

7. Plancher KD, Minnich JM. Sports-specific injuries. *Clin Sports Med* 1996;15(2):207-18. **Crossref**
8. Jobe FW, Moynes DR, Tibone JE, Perry J. An EMG analysis of the shoulder in pitching: a second report. *Am J Sports Med* 1984;12(3):218-20. **Crossref**
9. Erickson BJ, Gupta AK, Harris JD, Bush-Joseph C, Bach BR, Abrams GD, et al. Rate of return to pitching and performance after Tommy John surgery in Major League Baseball pitchers. *Am J Sports Med* 2014;42(3):536-43. **Crossref**
10. Petty DH, Andrews JR, Fleisig GS, Cain EL. Ulnar collateral ligament reconstruction in high school baseball players: Clinical results and injury risk factors. *Am J Sports Med* 2004;32(5):1158-64. **Crossref**
11. Chen FS, Rokito AS, Jobe FW. Medial elbow problems in the overhead-throwing athlete. *JAAOS-Journal Am Acad Orthop Surg* 2001;9(2):99-113. **Crossref**
12. Kibler WB. Clinical biomechanics of the elbow in tennis: Implications for evaluation and diagnosis. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26(10):1203-6. **Crossref**
13. Sprigings E, Marshall R, Elliott B, Jennings L. A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racquet-head speed. *J Biomech* 1994;27(3):245-54. **Crossref**