

Dirsek eklemi protez tasarımları

Elbow joint prosthesis designs

Mehmet Özbey Büyükkuşcu¹, Abdulkaki Kurt², Kutalmış Albayrak¹

¹S.B. Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul
²Bingöl Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Bingöl

Total dirsek artroplastisi (TDA); romatoid artrit, primer osteoartrit ve kompleks distal humerus kırıkları gibi dirseğin fonksiyonel bütünlüğünü bozan patolojilerin tedavisinde kullanılan kritik bir cerrahi prosedürdür. Tarihsel süreçte tam kısıtlı menteşeli tasarımlarla başlayan gelişim süreci, yüksek gevşeme ve mekanik başarısızlık oranları nedeniyle yerini yarı-kısıtlı ve bağlantısız (*unlinked*) implantlara bırakmıştır. Günümüzde yaygınlaşan bağlantısız protezler, dirsek biyomekaniğini taklit ederek kemik stokunu koruma avantajı sunarken; stabilite için sağlam ligamentöz desteğe ihtiyaç duymaktadır. Buna karşın, bağlantılı yarı-kısıtlı sistemler (Coonrad-Morrey, Nexel vb.), kontrollü varus-valgus serbestliği sağlayarak kemik-çimento arayüzündeki stresi minimize etmekte ve özellikle instabilite riski yüksek olgularda başarılı fonksiyonel sonuçlar vermektedir. Modern tasarımlar arasında yer alan Discovery gibi kondiler taşıyıcı sistemler ve Latitude gibi dönüştürülebilir (*convertible*) modüler implantlar, cerraha operasyon sırasında bağlantı tipini belirleme esnekliği tanıyarak revizyon oranlarını düşürmeyi hedeflemektedir. Literatür verileri, TDA'nın enflamatuvar artritli hastalarda yüksek sağkalım oranlarına sahip olduğunu göstermekle birlikte; genç ve posttravmatik hasta grubunda aseptik gevşeme, enfeksiyon ve polietilen aşınması gibi komplikasyon risklerinin halen önemli bir sorun teşkil ettiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar sözcükler: artroplastisi; dirsek; dirsek protezi; protez tasarımı

Total elbow arthroplasty (TEA) is a critical surgical procedure employed in the management of pathologies that impair the functional integrity of the elbow, such as rheumatoid arthritis, primary osteoarthritis, and complex distal humerus fractures. Historically, the developmental trajectory began with fully constrained hinged designs; however, due to high rates of loosening and mechanical failure, these have been superseded by semi-constrained and unlinked implants. Modern unlinked prostheses offer the advantages of preserving bone stock and mimicking native elbow biomechanics, yet they necessitate robust ligamentous support for stability. Conversely, linked semi-constrained systems (e.g., Coonrad-Morrey, Nexel) minimize stress at the bone-cement interface by allowing controlled varus-valgus laxity, yielding successful functional outcomes particularly in cases with high instability. Contemporary designs, including condylar-bearing systems like Discovery and convertible modular implants like Latitude, aim to reduce revision rates by providing surgeons with the intraoperative flexibility to determine the optimal coupling mechanism. While literature data indicate high survival rates for TEA in patients with inflammatory arthritis, complications such as aseptic loosening, infection, and polyethylene wear remain significant challenges in younger and post-traumatic patient populations.

Key words: arthroplasty; elbow; elbow prosthesis; prosthesis design

TOTAL DİRSEK PROTEZ TASARIMLARI

Total dirsek artroplastisi (TDA); romatoid artrit (RA), dirsek primer osteoartriti (OA), posttravmatik artrit ve cerrahi olarak rekonstrüksiyonu mümkün olmayan parçalı distal humerus kırık vakalarının tedavisinde başvurulan önemli bir cerrahi yöntemdir.^[1,2] Daha seyrek olarak ise hemofilik artropati, juvenil idiyopatik artrit ve primer veya metastatik tümör vakalarında tercih edilebilir.

Son yıllarda kullanımı artsa da; enfeksiyon, instabilite, aseptik gevşeme ve periprotetik kırık gibi uzun dönem komplikasyonlar nedeniyle, bu cerrahi prosedür nispeten daha nadir uygulanmaktadır.^[3-5]

TARİHÇE

1940'lı yıllardan önce, dirsek eklemine son evre dejeneratif hastalıklarında temel cerrahi yaklaşım rezeksiyon

İletişim / Contact: Doç. Dr. Mehmet Özbey Büyükkuşcu • **E-posta / E-mail:** drmehmetozbey@gmail.com

ORCID ID: Mehmet Özbey Büyükkuşcu, 0000-0003-1014-246X • Abdulkaki Kurt, 0009-0006-9736-0329 • Kutalmış Albayrak, 0000-0002-8427-8856

Geliş / Received: 4 Mayıs 2026 • **Revizyon / Revised:** 14 Haziran 2026 • **Kabul / Accepted:** 24 Haziran 2026

ve interpozisyon artroplastisi ile sınırlıydı.^[6] 1947 yılında Mellen ve Phalen, şiddetli ağrısı olan dejeneratif olgularda distal humerus veya proksimal ulnayı değiştiren, basit akrilik bileşenlerden oluşan ilk parsiyel dirsek replasmanlarını uygulamaya başladılar.^[7] Dört hastalı ilk seride cerrahi sonrası hızlı ağrı kontrolü sağlansa da, fleksiyon hareket açıklığı 50° ile 90° arasında kısıtlı kalmıştır. Takip eden dönemde postoperatif hareket kabiliyetini artırmayı hedefleyen yeni tasarımlar geliştirilse de, bu modellerin çoğunda zamanla gevşeme (*loosening*) problemleri baş göstermiştir.^[7,8]

1970'li yıllara kadar, ileri evre dejenerasyona bağlı instabil dirsekler için standart bir protez seçeneği bulunmamaktaydı. Bu ihtiyaca yönelik olarak, ulnohumeral eklem için kişiye özel üretilen, tam kısıtlı ve basit menteşeli implantlar geliştirildi. Dee'nin 1972 yılında RA hastalarında menteşeli (*hinged*) implant kullanımıyla elde ettiği sonuçları yayımlamasından bu yana, TDA tasarımları özellikle son yirmi yılda önemli bir gelişim kaydetmiştir ve 19 farklı spesifik tasarım literatürde tanımlanmıştır.^[8,9] Ancak bu tam kısıtlı tasarım; aseptik gevşeme, fiksasyon kaybı, instabilite ve metallozise bağlı mekanik başarısızlıklarla sonuçlanmıştır.^[10,11]

Bu klinik başarısızlıklar, tasarımın basit menteşeden yarı kısıtlı (*semiconstrained*) çimentolu protezlere evrilmesini sağlamıştır. Benzer şekilde geliştirilen Coonrad/Morrey protezi de yarı kısıtlı bir model olarak literatüre girmiştir. Bağlantılı (*linked*) olmalarına rağmen 6° ila 8°'lik abduksiyon, addüksiyon ve rotasyonel hareket opsiyonu sunan bu tasarımlar, kemik-çimento arayüzündeki yükü azaltarak ilk nesil implantlara göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.^[12]

Total dirsek protez tasarımları geçmişte tasarım özelliklerine göre kısıtlı (*constrained*), yarı kısıtlı veya kısıtlı olmayan şekilde sınıflandırılmaktaydı. Ancak günümüzde geliştirilen çeşitli bağlantı mekanizmaları ve yüzey replasmanı protezlerinin dahi artiküler yüzey etkileşimleri nedeniyle intrinsik bir kısıtlılık barındırdığının anlaşılmasıyla; terminolojide; humeral ve ulnar komponentler arasında mekanik bağlantı bulunan bağlantılı tip (*linked-type*), mekanik bağlantı bulunmayan bağlantısız tip (*unlinked-type*) ayrımı yaygınlık kazanmıştır.^[9,13,14]

Bağlantısız (*Unlinked*) Protez Dizaynları

Bağlantılı tasarımlarda görülen aseptik gevşeme problemleri, bağlantısız TDA implantlarının geliştirilmesine yol açmıştır.^[15] Bu protezlerde humeral ve ulnar komponentler arasında mekanik bir bağlantı bulunmaz; bu durum normale yakın dirsek biyomekaniği ve kemik stokunun korunması gibi avantaj sağlar. Bu protez tasarımlarının yapısı, ligamentöz ve kapsüler oluşumlarla

(yumuşak dokularla) birlikte çalışarak kemik-çimento arayüzüne binen stresi bağlantılı tasarımlara kıyasla azaltır. Ancak, bağlantısız tasarımların stabilitesi büyük ölçüde yumuşak dokunun (özellikle medial ve lateral kollateral ligamentlerin) bütünlüğüne ve cerrahi tekniğin hassasiyetine bağlıdır. Kollateral ligamentlerdeki zayıf denge; aşırı polietilen aşınması, osteoliz ve instabilite ile sonuçlanabilir.^[16]

Günümüzde yaygın olarak kullanılan iki temel bağlantısız sistem mevcuttur: Souter-Strathclyde ve Kudo dirsek protezleridir.

• Souter-Strathclyde protez

Souter-Strathclyde protezi, insan anatomisini daha iyi taklit edebilmek amacıyla ulnohumeral eklem bölgesinde derin oluklara sahiptir (Şekil 1).^[17] Bu protezi diğerlerinden ayıran temel özellik, kapitelluma ve medial epikondile doğru uzanan humeral kanatçıklara (flanşlara) sahip karakteristik humeral komponentidir. Vitallium olarak adlandırılan %65 kobalt, %30 krom, %5 molibden maddelerinin karışımından elde edilen; nispeten kısa humeral komponente sahiptir. Ulnar komponent ise bir omurga (*keel*) ve küçük bir steme sahip olup, ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenden (UHMWPE) üretilmiştir.

• Kudo protez

Orijinal Kudo protezi 1970'lerin başında klinik kullanıma sunulmuş, ancak nispeten yetersiz uzun dönem sonuçlar nedeniyle tasarımda defalarca modifikasyona gidilmiştir (Şekil 2).^[19] Güncel Kudo 5 protezi, kobalt-krom (CoCr) alaşımından üretilen bir humeral komponente sahiptir; ulnar komponent ise tamamen polietilen veya metal destekli (*metal-backed*) olabilmektedir.



Şekil 1. Souter-Strathclyde protez tasarımı örneği.



Şekil 2. Kudo protez tasarım örnekleri.

Ayrıca, çimentolu veya çimentosuz (poroz kaplamalı) stem seçenekleri mevcuttur. Her iki bileşen de yüksek yoğunluklu bir polietilen tabaka üzerinde artiküle olur. Her iki komponentin stem yapıları, özellikle de ulnar komponentinki, dar ve düzdür. Humeral komponentin distal ucu ise tüp şeklindedir.

2010 yılında Qureshi ve ark., RA tanılı 31 hastada uygulanan 34 Kudo beş total dirsek protezini değerlendirmiştir. Yirmi iki hastalık seride ortalama takip süresi 12 yıldır. Bu hastaların altısında revizyon gerekmiştir [dört vakada aseptik gevşeme (1 humeral, 3 ulnar) ve iki vakada septik gevşeme]. Protezin ortalama sağkalım süresi 12 yıl olarak belirlenmiş ve Kaplan-Meier sağkalım analizine göre tahmini sağkalım oranı %74 olarak saptanmıştır. Hastaların ortalama Mayo dirsek performans skoru (MEPS) 82 puan olarak saptanmış; sonuçlar beş hastada mükemmel, 10 hastada iyi ve bir hastada orta olarak kaydedilmiştir.^[20] Kodama ve ark. beş yıllık sağkalım oranını %87,8, 10 yıllık sağkalım oranını ise %70,7 olarak bildirmiş; en sık görülen komplikasyonun ise aseptik gevşeme olduğunu saptamışlardır.^[21,22]

Bağlantılı Yarı-Kısıtlı (*Linked Semiconstrained*) Protez Dizaynları

Bağlantılı (*linked*) yarı-kısıtlı (*semiconstrained*) protezler, dirsek ekleminin normal biyomekaniğine benzer şekilde düzlem dışı harekete (6° ila 8° varus-valgus ve aksiyel rotasyon) izin verecek biçimde birbirine bağlanmıştır.^[23,24] Bunun sonucunda, kemik-çimento arayüzünde daha az stres oluşur ve bu durumun nihayetinde aseptik gevşemeyi azaltması beklenir. Ek olarak, yarı-kısıtlı protezler düşük dislokasyon oranları ile birlikte iyi

fonksiyonel sonuçlar ve stabilite sunar. Günümüzde bu protezler en yaygın kullanılan implantlardır.^[25]

Kullanıma sunulan bu yarı kısıtlı TDA implantları arasında dünya çapında kullanılan Coonrad-Morrey, Nexel, GSB III ve Discovery bulunmaktadır.

• Coonrad-Morrey protezi

Humeral ve ulnar komponentler ile polietilen yataklardan oluşur (Şekil 3). Erken tasarımlarda aseptik gevşeme ve instabilite görüldüğü için implant, posterior deplasmanı önlemek amacıyla humeral komponente uzun bir anterior flanş eklenerek modifiye edilmiştir.^[26] Bu modifikasyonlara rağmen stem fiksasyonu zorluğünü korumuş ve kısa dönem sonuçlar orta düzeyde kalmıştır. Coonrad-Morrey implantı uygulanan RA, akut kırık ve posttravmatik sekeli olan 873 hastada ortalama komplikasyon oranı %29,5 olarak saptanmıştır. Ameliyat sonrası erken dönemdeki ağrı azalması, daha iyi fonksiyonel sonuç skorları ve artmış eklem hareket açıklığına rağmen, yüksek komplikasyon oranı nedeniyle dikkatli olunmalıdır.^[27] 2022 yılında yapılan 45 yaş altı genç 63 hasta üzerinden yapılan çalışmada ise %32 oranında komplikasyon gözlenmiştir. Beş yıllık sağkalım ise %79,4 olarak saptanmıştır. Sonuç olarak eklem hareket açıklığı ve fonksiyonda iyileşme sağlasa bile düşük sağkalım ve yüksek komplikasyon insidansı nedeniyle genç hasta grubunda posttravmatik sekel tedavisinde rutin girişim olarak önerilmemiştir.^[28]

• Nexel protezi

Coonrad-Morrey protezinin temelleri üzerine inşa edilmiştir. Komponentlerin bağlantısı, farklı ve daha kalın bir E vitamini emdirilmiş polietilen yatak ile yarı-kısıtlı özelliktedir. Bu sayede, eklem reaksiyon kuvvetlerini dağıtmak için temas alanı maksimize edilerek kenar yüklenmesi (*edge-loading*) ve stres azaltılabilir. Humeral ve ulnar komponentlerin uzunlukları, Coonrad-Morrey pro-



Şekil 3. Coonrad-Morrey protez tasarımı.

tezine benzer şekilde çeşitlendirilebilir.^[29] 2022 yılında 35 Nexel protezi üzerinde yapılan çalışmada komplikasyon oranlarının kabul edilemez seviyede yüksek olduğu ve sağkalımın düşük olduğu gösterilmiştir.^[30] Ancak 2024 yılında yapılan orta dönem takip süreli 38 hastada yapılan çalışmada ise sağkalım %97 olarak saptanmış ve düşük komplikasyon oranları bildirilmiştir.^[31] Yine 2024 yılında 23 yıllık takip süreli prospektif bir çalışmada beş yıllık revizyon oranlarının Nexel'de %7,3, Coonrad-Morrey'de %4,5 olarak saptanmış ve iki protezin de benzer oranda düşük komplikasyon oranları sergilediği bildirilmiştir.^[32]

• GSB III protezi

GSB III dirsek protezinin uzun dönem klinik ve radyolojik çıktıları 1999 yılında yayınlanmasından sonra popüler hâle gelmiştir (Şekil 4).^[33] Kobalt-krom alaşımından elde edilen bu protez tipi, fiksasyon için kemik çimentosu kullanımını gerektirir. Sistem; humeral stem ile ulnar bileşenin, kısıtlayıcı olmayan (*unconstrained*) bir *plug-in* mekanizmasıyla birleştirilmesi prensibine dayanır.

1999 yılında Gschwend ve ekibinin yürüttüğü bu çalışmada; 28'i RA, dördü ise posttravmatik artrit tanıılı 32 hastaya ait 36 GSB dirsek protezi, ortalama 13,5 yıllık bir izlem



Şekil 4. GSB III protez tasarım örneği.

sürecine tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler, hastaların %92'sinde cerrahi öncesine oranla ağrının azaldığını göstermiştir. Eklem hareket açıklığındaki artış ise RA grubunda 37° iken, posttravmatik OA grubunda 67° olarak kaydedilmiştir. Klinik süreçte üçer hastada aseptik gevşeme ve derin enfeksiyon tablosuyla karşılaşılmıştır. Öte yandan, %13,8'lik görülme oranıyla protez parçalarının birbirinden ayrılması (*disassembly*), serideki temel komplikasyon olarak saptanmıştır.^[33] Bir başka uzun süreli araştırmada ise 22 hastadaki 29 GSB dirsek protezinin rutin kontrolleri üzerinden fonksiyonel ve radyografik analizler yapılmıştır. İmplantların genel sağkalım süresi ortalama 13 yıl olarak saptanmıştır. On yıllık dönemde implant sağkalım oranı %96 olarak hesaplanmıştır.^[34] 2013 yılında yayımlanan bir başka uzun dönemli çalışmada ise 293 GSB protez olgusunda başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Çalışmada, RA nedeniyle uygulanan dirsek protezlerinin posttravmatik artrit nedeniyle uygulanan protezlere kıyasla daha uzun sağkalım gösterdiği, buna karşın post-travmatik artrit grubunda revizyon olasılığının daha yüksek olduğu saptanmıştır.^[35]

Kondiler Taşıyıcı Yarı-Kısıtlı Protez Dizaynları

• Discovery protezi

Discovery dirsek protezi yarı-kısıtlı protezlerle ilişkili komplikasyonları, özellikle de yatak aşınmasını minimize etmek amacıyla geliştirilmiş, hemisferik bağlantılı bir protezdir. Sistemin humeral ve ulnar stemleri, artikülasyonun troklea merkezinde konumlanmasını sağlamak amacıyla anatomik eğriliklere ve lateral *offset* yapısına sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.^[36]

Minimal kısıtlayıcı tasarımı, eklem yüzeylerinin birbirine yüksek uyum göstermesini sağlarken, gerçek bir menteşe mekanizması kullanımından kaçınmakta ve dirsek hareket aksını anatomik olarak yeniden oluşturmaktadır. Protezin esnek menteşe (*floppy hinge*) yapısı, 6°-8° aralığında varus-valgus ve rotasyonel harekete olanak tanır. Kobalt-krom ile UHMWPE bileşenler arasındaki artırılmış temas alanı, kenar yüklenmesi (*edge loading*) oluşumunu engeller ve TDA'daki polietilen üzerindeki stres yükünü azaltır.^[37]

Dönüştürülebilir (*Convertible*) Protezler

Bağlantılı (*linked*) ve bağlantısız (*unlinked*) dirsek protezlerinde devam eden teknik yetersizlikler, üçüncü bir tasarım olan dönüştürülebilir TDA implantlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Temelde dönüştürülebilir bir implant, cerraha operasyon sırasında (veya revizyon aşamasında) bağlantısız ya da bağlantılı bir protez uygulama kararı verme esnekliği tanır; bağlantısız implantlar ihtiyaç

duyulması hâlinde modüler bir bileşen eklenerek kolayca bağlantılı bir artikülasyona dönüştürülebilir. Bu tip implantların avantajları arasında, farklı klinik tablolarda geniş bir kullanım yelpazesi sunmaları ve daha düşük revizyon oranlarına sahip olmaları yer almaktadır.^[38]

Günümüzde iki ana dönüştürülebilir protez seçeneği mevcuttur: Radius başı protezi opsiyonu da sunan Latitude protez sistemi ve CoCr humerus ile ulna bileşenlerine sahip olan Acclaim protez sistemidir.

• Latitude protezi

Latitude ulnar stem tasarımı, bileşenlerin bağlantılı (*linked*) veya bağlantısız (*unlinked*) ve kısıtlı (*constrained*) veya kısıtlı olmayan (*unconstrained*) şekilde yapılandırılmasına imkan tanıyan opsiyonel bir kapak mekanizmasına sahiptir (Şekil 5). Ulnar bileşen ve radyal baş bileşeni, bir polietilen katman ile artikülasyon sağlar. Humeral stem, intramedüller rotasyonu engellemek amacıyla medial ve lateral kanatçıklarla donatılmıştır. Humeral makaralar (*spools*), varus-valgus hareketleri boyunca ulnar bileşen ile doğrusal teması sürdürülebilmek için içbükey, varil şeklinde bir troklea yapısında tasarlanmıştır.

Literatürde bu sistemle ilgili başarılı fonksiyonel sonuçlar bildirilmiştir. Burkhart ve ark., 2007-2008 yılları arasında distal humerus kırıkları, RA, posttravmatik artroz ve psödatroz nedeniyle uygulanan 15 Latitude protezinde, kol, omuz ve el sorunları skorlarında ve eklem hareketliliğinde iyileşme saptamıştır. Ortalama 13,5 aylık takipte hiçbir hastada gevşeme veya instabilite bulgusuna rastlanmamış, sadece bir hastada heterotopik ossifikasyon gelişmiştir.^[39] 2022 yılında yapılan orta dönem takip süreli bir başka çalışmada ise 69 Latitude protez üzerinden yapı-



Şekil 5. Latitude protez tasarımı, dönüştürülebilir radius başı protezi.

lan değerlendirilmede 10 yıllık sağkalım %82 olarak raporlanmıştır ve düşük ağrı skorları, yüksek hasta memnuniyetiyle etkili bir prosedür olduğu vurgulanmıştır.^[40]

• Acclaim protezi

Acclaim total dirsek protezi, hem bağlantılı (*linked*) hem de bağlantısız (*unlinked*) konfigürasyonlarda uygulamaya imkân tanıyan bir başka modüler sistemdir. Lerch ve ark., 65 hastayı kapsayan serilerinde, ortalama 18 aylık (dağılım: 6-30 ay) takip süreci sonunda kısa dönem ağrı düzeylerinde ve mobilitede anlamlı iyileşme sağlandığını ve başarılı sonuçlar elde edildiğini yayımlamışlardır.^[41]

SONUÇ

Total dirsek artroplastisi, son yetmiş yılda belirgin bir teknolojik evrim geçirerek basit menteşeli yapılardan biyomekanik olarak gelişmiş dönüştürülebilir sistemlere dönüşmüştür. Güncel tasarımlar, eklem kinematliğini daha iyi taklit ederek kemik-çimento arayüzündeki yükü minimize etmeyi ve implant ömrünü uzatmayı hedeflemektedir. Romatoid artritli hastalarda başarılı uzun dönem sonuçlar sağlansa da post-travmatik vakalarda ve genç hastalarda görülen yüksek komplikasyon oranları, implant tasarımında hâlen iyileştirme alanları olduğunu göstermektedir. Cerrahin, hastanın kemik kalitesi ve yumuşak doku bütünlüğüne göre en uygun dirsek protez tipini (bağlantılı veya bağlantısız) seçmesi, cerrahi başarının temel anahtarıdır. Gelecekte, kişiye özel tasarım modifikasyonlarının ve aşınmaya daha dirençli materyallerin kullanımıyla revizyon oranlarının daha da azalacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Samdanis V, Manoharan G, Jordan RW, Watts AC, Jenkins P, Kulkarni R, et al. Indications and outcome in total elbow arthroplasty: A systematic review. *Shoulder Elb* 2020;12(5):353-61. [Crossref](#)
2. Prkić A, van Bergen CJ, The B, Eygendaal D. Total elbow arthroplasty is moving forward: Review on past, present and future. *World J Orthop* 2016;7(1):44-9. [Crossref](#)
3. Jenkins PJ, Watts AC, Norwood T, Duckworth AD, Rymaszewski LA, McEachan JE. Total elbow replacement: Outcome of 1,146 arthroplasties from the Scottish Arthroplasty Project. *Acta Orthop* 2013;84(2):119-23. [Crossref](#)
4. Kim HJ, Kim JY, Kee YM, Rhee YG. Total elbow arthroplasty under unfavourable soft tissue conditions. *Int Orthop* 2018;42(2):367-74. [Crossref](#)
5. Klug A, Gramlich Y, Buckup J, Schweigkofler U, Hoffmann R, Schmidt-Horlohé K. Trends in total elbow arthroplasty: A nationwide analysis in Germany from 2005 to 2014. *Int Orthop* 2018;42(4):883-9. [Crossref](#)

6. Academy of Medicine. March 23. Resection of the elbow joint. *Prov Med Surg J* 1841;2(28):35. [Crossref](#)
7. Mellen RH, Phalen GS. Arthroplasty of the elbow by replacement of the distal portion of the humerus with an acrylic prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 1947;29(2):348-53.
8. Dee R. Total replacement arthroplasty of the elbow for rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Br* 1972;54(1):88-95. [Crossref](#)
9. Welsink CL, Lambers KTA, van Deurzen DFP, Eygendaal D, van den Bekerom MPJ. Total elbow arthroplasty: A systematic review. *JBJs Rev* 2017;5(7):e4. [Crossref](#)
10. Schlein AP. Semiconstrained total elbow arthroplasty. *Clin Orthop* 1976;(121):222-9. [Crossref](#)
11. Hildebrand KA, Patterson SD, Regan WD, MacDermid JC, King GJ. Functional outcome of semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82(10):1379-86. [Crossref](#)
12. Schneeberger AG, Hertel R, Gerber C. Total elbow replacement with the GSB III prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2000;9(2):135-9. [Crossref](#)
13. Kamineni S, O'Driscoll SW, Urban M, Garg A, Berglund LJ, Morrey BF, et al. Intrinsic constraint of unlinked total elbow replacements--the ulnotrochlear joint. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(9):2019-27. [Crossref](#)
14. Voloshin I, Schippert DW, Kakar S, Kaye EK, Morrey BF. Complications of total elbow replacement: A systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20(1):158-68. [Crossref](#)
15. Gschwend N. Present state-of-the-art in elbow arthroplasty. *Acta Orthop Belg* 2002;68(2):100-17.
16. Morrey BF. Morrey's The elbow and its disorders. Chapter 2 2009:11-38. [Crossref](#)
17. Garino JP, Beredjiklian PK. Adult Reconstruction & Arthroplasty. İçinde: Core knowledge in orthopaedics series. Mosby/Elsevier; 2007.
18. Cresswell T, Stanley D. Unlinked elbow arthroplasty. İçinde: Williams GR, Yamaguchi K, Ramsey ML, Galatz LM, editörler. *Shoulder and elbow arthroplasty*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. s. 333-343.
19. Kudo H, Iwano K, Watanabe S. Total replacement of the rheumatoid elbow with a hingeless prosthesis. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62(2):277-85. [Crossref](#)
20. Qureshi F, Draviraj KP, Stanley D. The Kudo 5 total elbow replacement in the treatment of the rheumatoid elbow: results at a minimum of ten years. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92(10):1416-21. [Crossref](#)
21. Kodama A, Mizuseki T, Adachi N. Macroscopic investigation of failed Kudo type 5 total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2018;27(8):1380-5. [Crossref](#)
22. Kodama A, Mizuseki T, Adachi N. Kudo type-5 total elbow arthroplasty for patients with rheumatoid arthritis: A minimum ten-year follow-up study. *Bone Jt J* 2017;99-B(6):818-23. [Crossref](#)
23. O'Driscoll SW, An KN, Korinek S, Morrey BF. Kinematics of semi-constrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74(2):297-9. [Crossref](#)
24. Ramirez MA, Cheung EV, Murthi AM. Revision total elbow arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2017;25(8):e166-e174. [Crossref](#)
25. Wright TW, Wong AM, Jaffe R. Functional outcome comparison of semiconstrained and unconstrained total elbow arthroplasties. *J Shoulder Elbow Surg* 2000;9(6):524-31. [Crossref](#)
26. Kaufmann RA, D'Auria JL, Schnependahl J. Total elbow arthroplasty: Elbow biomechanics and failure. *J Hand Surg* 2019;44(8):687-92. [Crossref](#)
27. Morandi Guitoli M, Mazzotti A, Artioli E, Arceri A, Ruffilli A, Faldini C. Indications and outcomes of the Coonrad-Morrey total elbow arthroplasty: A systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg* 2024;145(1):19. [Crossref](#)
28. Aliyev AG, Tikhilov RM, Shubnyakov II, Ambrosenkov AV, Zhabin GI, Boyarov AA, et al. Coonrad-Morrey total elbow arthroplasty implications in young patients with post-traumatic sequelae. *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(9):1874-83. [Crossref](#)
29. Wright TW, Hastings H. Total elbow arthroplasty failure due to overuse, C-ring failure, and/or bushing wear. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005;14(1):65-72. [Crossref](#)
30. Morrey ME, Songy C, Triplet JJ, Cheema AN, O'Driscoll SW, Sanchez-Sotelo J, et al. Unexpected high early failure rate of the Nexel total elbow arthroplasty. *JSES Int* 2022;6(4):690-5. [Crossref](#)
31. Ahmed AS, Clifton T, Subbiah K, Spasojevic M, Young A, Cass B, et al. Midterm follow-up of the Nexel total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2024;33(8):1699-708. [Crossref](#)
32. Wengle L, Frampton C, Poon PC. A review of the New Zealand National Joint Registry to evaluate the survivorship and revision rates of Nexel and Coonrad-Morrey total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2024;33(9):2008-13. [Crossref](#)
33. Gschwend N, Scheier NH, Baehler AR. Long-term results of the GSB III elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81(6):1005-12. [Crossref](#)
34. Bigsby E, Kemp M, Siddiqui N, Blewitt N. The long-term outcome of the Gschwend-Scheier-Bähler III elbow replacement. *J Shoulder Elbow Surg* 2016;25(3):362-8. [Crossref](#)
35. Schöni M, Drerup S, Angst F, Kyburz D, Simmen BR, Goldhahn J. Long-term survival of GSB III elbow prostheses and risk factors for revisions. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013;133(10):1415-24. [Crossref](#)
36. Hastings H. Minimally constrained elbow implant arthroplasty: The discovery elbow system. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2004;8(1):34-50. [Crossref](#)
37. Mukka S, Berg G, Hassany HRH, Koye AK, Sjöden G, Sayed-Noor AS. Semiconstrained total elbow arthroplasty for rheumatoid arthritis patients: Clinical and radiological results of 1-8 years follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135(5):595-600. [Crossref](#)

38. Gramstad GD, King GJW, O'Driscoll SW, Yamaguchi K. Elbow arthroplasty using a convertible implant. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2005;9(3):153-63. **Crossref**
39. Burkhart KJ, Müller LP, Schwarz C, Mattyasovszky SG, Rommens PM. Treatment of the complex intraarticular fracture of the distal humerus with the latitude elbow prosthesis. *Oper Orthop Traumatol* 2010;22(3):279-98. **Crossref**
40. Meijering D, Boerboom AL, Gerritsma CLE, de Vries AJ, Vegter RJK, Bulstra SK, et al. Mid-term results of the Latitude primary total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2022;31(2):382-90. **Crossref**
41. Lerch K, Tingart M, Trail I, Grifka J. Total elbow arthroplasty. Indications, operative technique and results after implantation of an Acclaim elbow prosthesis. *Orthopade* 2003;32(8):730-5. **Crossref**