




Mehmet Özer , Semih Kıvanç Olguner , Yurdal Gezercan   
Adana Şehir Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Adana, Türkiye  
✉ kivanc3olguner@hotmail.com

Derleme / Review

Geliş tarihi : 08.12.2023  
Kabul tarihi : 17.12.2023

## Kranioservikal Bileşke Kifoza ve Tedavi

### Craniocervical Junction Kyphosis and Treatment

#### ÖZ

Kranioservikal bileşke kifoza, klivus ile odontoid arasında kalan bölgenin yapısal kifotik açılanması olarak kabul edilir. Bu bölge yapısal olarak kemik ve bağ dokusu birlikteliğinden oluşmuş stabil bir yapıdır. Bu bölgenin önemi omurilik ile beyin arasında geçiş bölgesi olması nedeniyle. Bileşke bölgesi başın ağırlığını servikal alana transfer etmek ve stabilitesini temin etmekle yükümlüdür. Bu bölgenin birçok anomalisi kranioservikal bileşke kifozuna neden olabilir. Yine tümör, enfeksiyon ve travmatik yaralanmalar nedeniyle bileşke kifozları eşlik edilebilir. Biz bu bölümde kranioservikal bileşke kifozunun pratikte en sık görülen yapısal nedenleri olan Baziller invaginasyon ve Chiari malformasyonundan bahsedeceğiz.

**Anahtar Sözcükler:** Baziller invaginasyon, Kifoz, Kranioservikal bileşke

#### ABSTRACT

Craniocervical junction kyphosis is considered as a structural kyphotic angulation of the region between the clivus and odontoid. This region is a structurally stable structure composed of bone and connective tissue. The importance of this region is because it is the transition zone between the spinal cord and the brain. The junction region is responsible for transferring the weight of the head to the cervical area and ensuring its stability. Many anomalies of this region can cause craniocervical junction kyphosis. Tumours, infections and traumatic injuries may also be associated with junctional kyphosis. In this chapter, we will discuss the most common structural causes of craniocervical junction kyphosis in practice, namely basilar invagination and Chiari malformation.

**Keywords:** Basilar invagination, Craniocervical junction, Kyphosis

#### GİRİŞ

Kranioservikal bileşke kifozunun en sık nedenlerinden biri Baziller invaginasyondur (BI). Gelişimsel bir anomali olarak tanımlanır. Odontoid prosesin foramen magnum içine doğru anormal bir şekilde yukarı ve geriye doğru invaginasyonu hastalarda medüller basıya ve BOS sirkülasyonunun ventralde bozulmasına neden olmaktadır.

'Platybasia' antropolojik bir terimdir ve ön kafa tabanı ile klivus arasında anormal derecede geniş (>140°) açının saptanması olarak kabul edilir. Birçok patoloji BI gelişimine yol açabilir. Bu patolojiler klivus hipoplazisi, oksipital kondil hipoplazisi, atlas hipoplazisi, akondroplazi ve atlanto-oksipital asimilasyon atlasın oksipitalizasyonu olarak ifade edilebilir.

oksipital kondil hipoplazisi, atlas hipoplazisi, akondroplazi ve atlanto-oksipital asimilasyon atlasın oksipitalizasyonu olarak ifade edilebilir.

#### Klinik

Kranioservikal bileşke anomalileri beyin sapı, serebellum, servikal omurilik, kranial sinirler ve servikal köklerin veya birlikte bu nöral yapıları besleyen damarların basısına ya da zarar görmesine bağlı fonksiyonel bozuklukların yansması sonucu bir grup belirti ve bulguya neden olabilir. Belirti ve bulgular altta yatan patolojiye göre sinsi veya hızlı gidişli olabilir. Klinik prezantasyon

nadiren hızlı nörolojik kötüleşme şeklinde olabilir (25). En sık görülen semptom suboksipital ağrıdır (27). Klinik prezantasyonları nöral ve vasküler yapıların kompresyonu ile ilişkilidir. Semptom ve bulgular etiyolojik faktörlerin çokluğu nedeniyle çeşitlilik göstermektedir. Nistagmus, disfaji gibi medüller disfonksiyon, ataksi, dismetri ve kranial sinir felci ve motor fonksiyon bozukluğu gibi miyelopati (güçsüzlük, kısıtlı boyun hareketleri), duyuşal işlev bozukluğu (boyun ağrısı, parestezi) ve vejetatif işlev bozukluğu (bağırsak ve mesane rahatsızlığı) izlenebilir. Klinik tablo, hastaya bağlı olarak değişir. Çocuklarda tortikollis varlığı önemlidir. Üst solunum yolu enfeksiyonları sonrası gelişen Grisel sendromunda çocuklar boyunda tortikollis ile prezante olur.

### Radyografik Ölçüm Parametreleri

Literatürde BI'yi tespit etmek için birçok parametre kullanılmıştır. Ancak, bunların sadece küçük bir kısmı klinik çalışmalarda rutin olarak kullanılmaktadır, çünkü çoğu kraniyometrik ölçüm yeterli özgüllük ve duyarlılıktan yoksundur. Klinik çalışmalarda en yaygın olarak kullanılanlar: Chamberlain hattı, McGregor hattı ve McRae hattıdır (Şekil 1) (8).

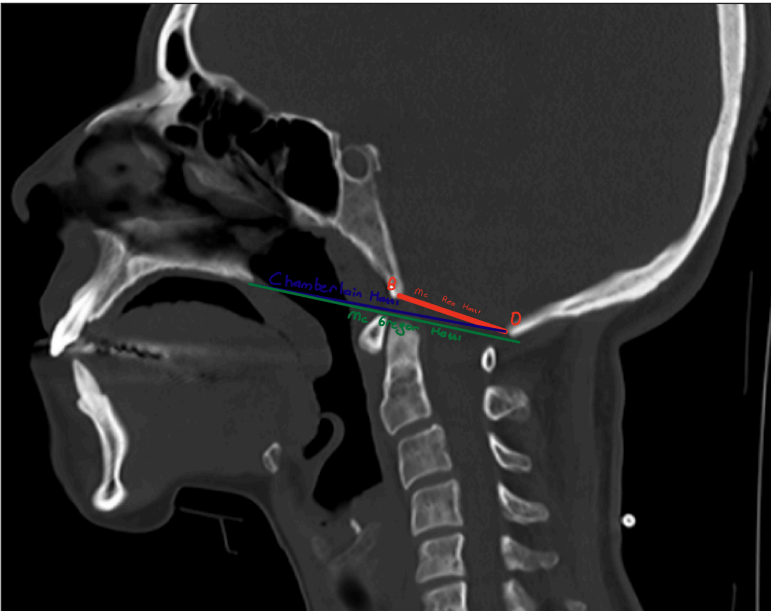
Bu üç çizgi yüksek özgüllükleri nedeniyle rutin olarak benimsenmiştir. Chamberlain çizgisi, arka kısımdan sert damaktan foramen magnumun arka kenarının orta noktası olan opisthiona kadar uzanır. Odontoid prosesin ucu tipik olarak foramen magnumun altında veya üzerinde yer alır (5). Odontoid processin Chamberlain çizgisinin

2,5 mm'den fazla üzerine çıkmaması Odontoid için normal kabul edilir. Genel olarak, uzantı 5 mm'den büyükse BI'nin mevcut olduğu kabul edilir (27). Lateral servikal direkt grafide opisthionun kesin olarak tanımlanmamasından dolayı McGregor, Chamberlain çizgisinin bir modifikasyonu olan McGregor çizgisini önermiştir. Bu çizgi Chamberlain çizgisinin yaklaşık 2 mm altındadır, bu nedenle odontoid çıkıntının ucu çizginin 7 mm'den fazla üzerine çıktığında anormal olarak kabul edilir. McRae çizgisi anteriordan (basion) foramen magnumun arka (opisthion) kenarına uzanan hattadır ve temel olarak foramen magnumun ön-arka uzunluğudur (24). Odontoid prosesin ucu normalde bu çizginin altında olmalıdır. Ayrıca, bu çizgi aşağıdakiler için de kullanılabilir.

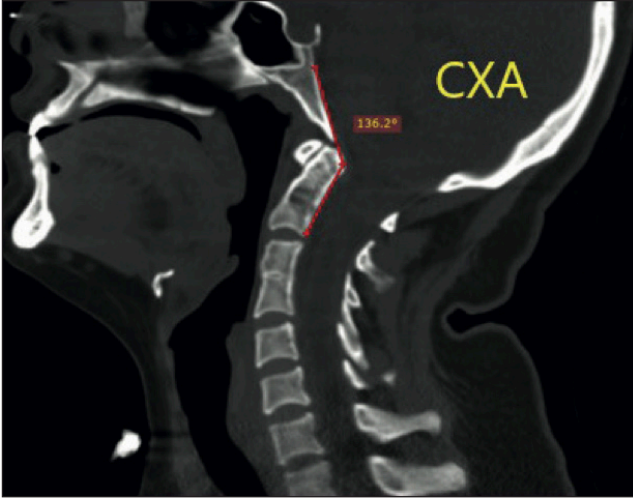
Klival-aksial açı (CXA) kafa tabanı patolojilerinde uzun zamandan beri değerlendirilen bir parametredir. Bu parametre klivus alt 2/3 lik kısmından çekilen çizgi ile C2 posterior inferiordan çekilen çizgi arasında kalan açı olarak ifade edilir (Şekil 2).

Ortalama değeri 135-170° olarak kabul edilirken, 135° altı kifotik kabul edilir. 125° altı olan hastalarda mutlaka anomaliler araştırılmalıdır.

Bilgisayarlı tomografi (BT) osseöz anatomi değerlendirme için ideal olsa da, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yumuşak dokunun daha iyi değerlendirilmesini sağlar. Ek olarak hiperfleksiyon ve hiperkstensiyon direkt grafi ve BT incelemeler ile atlantoaksiyel instabilite değerlendirilmesi yapılmalıdır.



Şekil 1: Chamberlain Hattı - McGregor Hattı - McRae Hattı.



**Şekil 2:** Basion ile C2 inferoposterioruna çekilen çizginin odontoid superiorundaki dural mesafeye olan dik uzaklığını ölçen çizgi pB-C2 olarak isimlendirilir.

## Tedavi

Son yıllarda kranioservikal dinamikleri daha iyi anlayabilmemiz ve atlantoaksiyel ve oksipitoservikal internal fiksasyon tekniklerinde katettiğimiz yol sayesinde doğrudan posterior yaklaşımla uygulayabildiğimiz distraksiyon cerrahisi ile BI tedavisinde sadece posterior yaklaşımı popüler ve uygun tedavi şekli hâline getirmektedir (23). Goel tarafından BI, atlantoaksiyel dislokasyonun varlığına göre iki gruba ayrılmıştır (23). Tip A BI'da, atlantoaksiyel dislokasyon (AAD) tanımlanmakta, yani servikal omurganın kafa tabanına bir yer değiştirmesi söz konusudur. Bu grupta odontoid çıkıntının ucu, Chamberlain hattını, McRae hattını ve Wackenheimer klival hattını geçerek foramen magnum'a girer. Grup B BI'da AAD yoktur. Odontoid çıkıntı ve klivus'un dizilimi normal; odontoid uç Chamberlain hattını geçerken, McRae hattının ve Wackenheimer klival hattının altında kalır.

BI'un uzun süre cerrahi olarak tedavi edilebilir patolojiden çok radyolojik bir antite olduğu düşünülmüştür. Daha sonrasında BI'nın tedavisinde dekompresyon yapılması ön plana çıkmıştır.

Dekompresyon; anterior, anterior transoral odontoidektomi veya posterior dekompresyon şeklinde uygulanmıştır. 2004 yılında atlanto aksiyal faset distraksiyonu ile baziller invajinasyonun azaltılması ve dizilimin tekrar sağlanması planlanmıştır (9). Sonuçta eklem sadece hareketli bir eklem değil hiper mobil olduğu ortaya çıkmıştır. Semptomların hiper mobiliteye bağlanmasından

sonra dekompresyon uygulamalarını tercih eden cerrah sayısı giderek azalmaktadır.

Hiper mobilité konusunda tecrübe artıkça dizilimin düzeltilmesinin çok anlamlı olmadığı önemli olan konunun atlantoaksiyel segmentin stabilizasyonu olduğu anlaşılmıştır. Günümüzde atlantoaksiyel stabilizasyon tedavinin temelini oluşturmaktadır. Stabilizasyon terimi ilk kabul gördüğünde oksipital kemiğin de fiksasyonu sağlanmış olsa da gelinen son noktada segmental atlantoaksiyel fiksasyon artrodezi optimum cerrahi olarak kabul edilmiştir (12,23).

## Baziller İnvajinasyon

Baziller invajinasyon (BI) nadir görülen, üst servikal bölgenin kraniovertebral bölgeye doğru yer değiştirmesiyle oluşan gelişimsel bir anomalidir (14,26). Kafa kaidesine doğru yer değiştiren üst servikal vertebralara direkt olarak beyin sapına ve serebellum'a bası bulguları oluşturabilirler. Beyin omurilik sıvısı sirkülasyonundaki bozulma ve doğrudan kranial sinirlerde oluşturduğu gerilme sonucu nörolojik bulgular ortaya çıkabilir. Bu tablo hızlı ilerleyen nörolojik kötüleşme, solunum durması veya ani ölüm ile bile sonuçlanabilir (14,17). Literatürde sıklıkla önerilen cerrahi tedavi şekli anterior dekompresyon veya anterior ve posterior dekompresyona ek olarak posterior sabitleme cerrahisidir (26). Son yıllarda kranioservikal dinamikleri daha iyi anlayabilmemiz ve atlantoaksiyel ve oksipitoservikal internal fiksasyon tekniklerinde katettiğimiz yol sayesinde doğrudan posterior yaklaşımla uygulayabildiğimiz distraksiyon cerrahisi ile BI tedavisinde sadece posterior yaklaşımı popüler ve uygun tedavi şekli hâline getirmektedir (13,14). Goel tarafından BI, atlantoaksiyel dislokasyonun varlığına göre iki gruba ayrılmıştır (16). Tip A BI'da, fikse olmuş bir atlantoaksiyel dislokasyon (AAD) tanımlanmakta, yani servikal omurganın kafa tabanına bir yer değiştirmesi söz konusudur. Bu grupta odontoid çıkıntının ucu, Chamberlain hattını, McRae hattını ve Wackenheimer klival hattını geçerek foramen magnum'a girer. Grup B BI'da klivus, baziokspit ve KVB'nin posterior fossaya doğru toptan yer değiştirmesi söz konusudur ve AAD yoktur. Odontoid çıkıntı ve klivus'un dizilimi normal; odontoid uç Chamberlain hattını geçerken, McRae hattının ve Wackenheimer klival hattının altında kalır. Goel (13) eklem manipülasyon tekniğine göre BI ve atlantoaksiyel dislokasyon servikal traksiyon kuvveti altında redükte edildikten sonra atlantoaksiyel veya oksipitoservikal fiksasyon ile tamamlanır.

Jian ve ark. doğrudan posterior oksiput-C2 manipulas-yon tekniğiyle Tip A BI hastalarında redüksiyon tekniklerini tanımlamışlardır (22). Genel olarak tüm bu makalelerde BI hastalarında redüksiyon tekniğinin güvenilir, yapılabilir ve etkili olduğu vurgulanmaktadır.

Posterior fossa içeriklerinin farklı şekillerde servikal spinal kanala uzanımı olarak bilinen chiari malformasyon çeşitlerinden biri olan kompleks chiari de baziller invaginasyonu görülmektedir.

### Kompleks Chiari

Bu alt tip son yıllarda popüler olmuştur ve komplike tip 1 olarak da isimlendirilebilir. Kranioservikal bölgedeki anormal kemik anatomisi ile serebellar tonsiller hernias-yona ek olarak beyin sapı herniasyonu, medüller kink, retrofleks odontoid, baziller invaginasyon, anormal clivo-servikal açı, atlasın oksipitalize olması, siringomiyeli veya skolyoz eşlik ediyorsa buna kompleks chiari adı verilmektedir (3,4,20). Kranioservikal bölgedeki retrofleks odontoid ve kifoz radyografik parametreler ile tanımlanabilmektedir (20). Kompleks chiari olan hastaların tedavisinde, tip 1 chiari tedavisinde uygulanan suboksipital dekompresyona ek olarak farklı stratejilerde gündeme gelmektedir. Klinik bulgular tip 1 ile hemen hemen aynıdır. Suboksipital başağrısı, valsava ile indüklenen ağrı, ataksi, parestezi ve beyin sapı kompresyonu belirgin olan olgularda bulbar semptomlar izlenebilir. İleri olgularda uyku apne sendromu, disfaji izlenebilir. Tüm dünyada son dönemde manyetik rezonans (MR) inceleme sayısının artması ile Chiari malformasyonu artık asemptomatik hastalarda bile rastlanabilmekte ve kolayca tanımlanabilmektedir. Bu durum artan sıklıkla tanı koyulmasına ve bu patolojinin morfolojisinin ayrıntılı incelenmesini sağlamıştır. Kompleks chiari görülen Tip 1 chiarinin karakteristik bulgusu olan serebellar tonsiller herniasyon yanında yukarıda saydığımız kafa tabanı anomalilerinin detaylı incelemesi bize bu patolojiyi anlama fırsatı sunmaktadır.

Tip 1 chiari malformasyonu nedeni ile suboksipital dekompresyon (duraplasti yapılan ve yapılmayan) sonrası bazı hastaların şikayetlerinin bir süre sonra tekrar başladığı ve klinik iyileşmenin kaybolduğu bilinmektedir. Dolayısıyla tam olarak hangi hastanın suboksipital dekompresyondan fayda göreceği bilinmemektedir (20). Nitekim hangi hastanın tekrarlayan cerrahi geçirebileceği ve hangi hastaya füzyon yapılması gerektiği araştırılmaktadır. Bu nedenle kafa tabanı ölçüm parametreleri kullanılarak

yeni tanımlamalar yapılmış ve bir algoritma oluşturulmaya çalışılmıştır. Baziyon ile C2 inferoposterioruna çekilen çizginin odontoid superiorundaki dural mesafeye olan dik uzaklığını ölçen çizgi (pB-C2) ilk olarak Grabbs tarafından tanımlanmış ve beyin sapının ventral basısını değerlendirmek için kullanılmıştır (19). Bu mesafe 9 mm altındaysa posteriordan dekompresyonun yeterli olduğu belirtilmiştir (7). Ancak PbC2 > 9 mm ise bu hastalara direkt beyin sapının önünden girişim yapmanın gerekli olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise posterior fossa dekompresyonu yapılan 31 Chiari tip 1 hastanın postoperatif sonuçları incelenmiş ve pB-C2 mesafesi 9 mm üstünde olanların postoperatif dönemde kötüleşme göstermediği bildirilmiştir (2).

Kompleks chiari hastalarda klival-aksial açı (CXA) kafa tabanı patolojilerinde uzun zamandan beri değerlendirilen bir parametredir. Bu parametre klivus alt 2/3 lik kısmından çekilen çizgi ile C2 posterior inferior-dan çekilen çizgi arasında kalan açı olarak ifade edilir. CXA<125° ise geleneksel suboksipital dekompresyona ek olarak oksipitoservikal füzyon ve/veya ventral dekompresyon tedavi stratejisi olarak önerilmiştir (4,18,20). Ho ve Brockmeyer'in çalışmasında bu konu ayrıntılı olarak değerlendirilmiş ve kompleks Chiari olan bir hastanın tedavisi planlanırken Chiari tip 1.5'un varlığı, siringomiyeli, medüller kink, baziller invaginasyon, Pb-C2 ve CXA parametrelerinin ayrıntılı değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (20). Yazarlar bu parametreler ışığında tedavi algoritması hazırlayarak hangi hastaya sadece dekompresyon ve hangi hastaya ek olarak oksipito-servikal füzyon yapılması gerektiği belirtilmiştir. Pb-C2 >9 mm, CXA<125° ve baziller invaginasyonu olan olgulara suboksipital dekompresyon ve oksipito-servikal füzyon önermişlerdir (4).

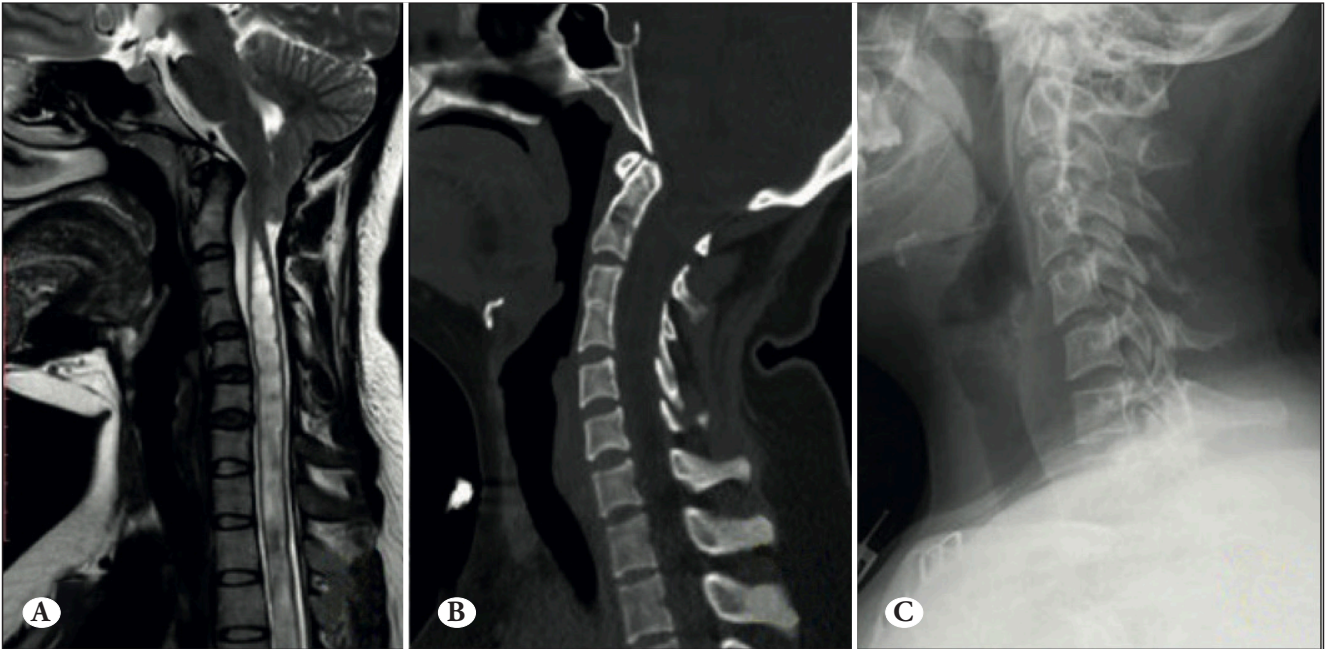
Kraniovertebral bileşke anomalileri geniş spektrumlu bir hastalık grubu olup kafa tabanı anomalilerini, baziller invaginasyonu, chiari malformasyonunu içermektedir. Geniş bir tedavi yelpazesi içeren Chiari malformasyonunda foramen magnum dekompresyonu, anterior transoral odontoidektomi, oksipitoservikal füzyon ve C1-2 fiksasyon gibi yöntemler uygulanmaktadır ve bu stratejilerin tek başına ya da beraber uygulandığı birçok makale mevcuttur. Son dönemde atlanto-aksiyel instabilitenin Chiari malformasyonunu nedeni olduğunu bildiren yayınlar mevcuttur (6,10,15,18). Goel chiari malformasyonunun nedeninin atlantoaksiyel instabilite olduğunu öne sürmüş ve tonsiller herniasyonun koruyucu bir mekanizma



olduğunu bildirmiştir (11). Atlantoaksiyel eklem instabilitesini 3 tipe ayırmıştır. Bu sınıflama sagittal kesit BT (hiperfleksiyon ve hiperekstansiyon) görüntülerde C1 vertebra ile C2 vertebra arasındaki pozisyona göre yapılmaktadır. Tip 1 de C1 vertebra C2 üzerinde anteriora (anterolistezis), tip 2 de posteriora (retrolistezis) doğru yer değiştirmiştir. Tip 3 instabilitede ise radyolojik olarak anomali yoktur ancak eklemün direkt manipülasyonu ile ortaya çıkan instabilite mevcuttur. Bu nedenle C1-2 fiksasyonu tedavi seçeneği olarak öne sürmüştür. Tüm chiari malformasyonu olan hastalarda C1-2 fiksasyonunun gerekliliği tartışmalı olarak değerlendirilmektedir ancak kafa tabanı anomalisi, baziller invajinasyonu olan hasta grubunda anterior girişime gereksinim olmadan kraniovertebral bileşkenin C1-2 fiksasyonu ile yeniden şekillendirilmesi sonuç vermektedir (1,21). C1-2 eklemünün sabitlenmesi sonucunda omuriliğin repetitif travmalardan korunduğu böylece BOS sirkülasyonunu sağlandığı öne sürülmektedir (Şekil 3).

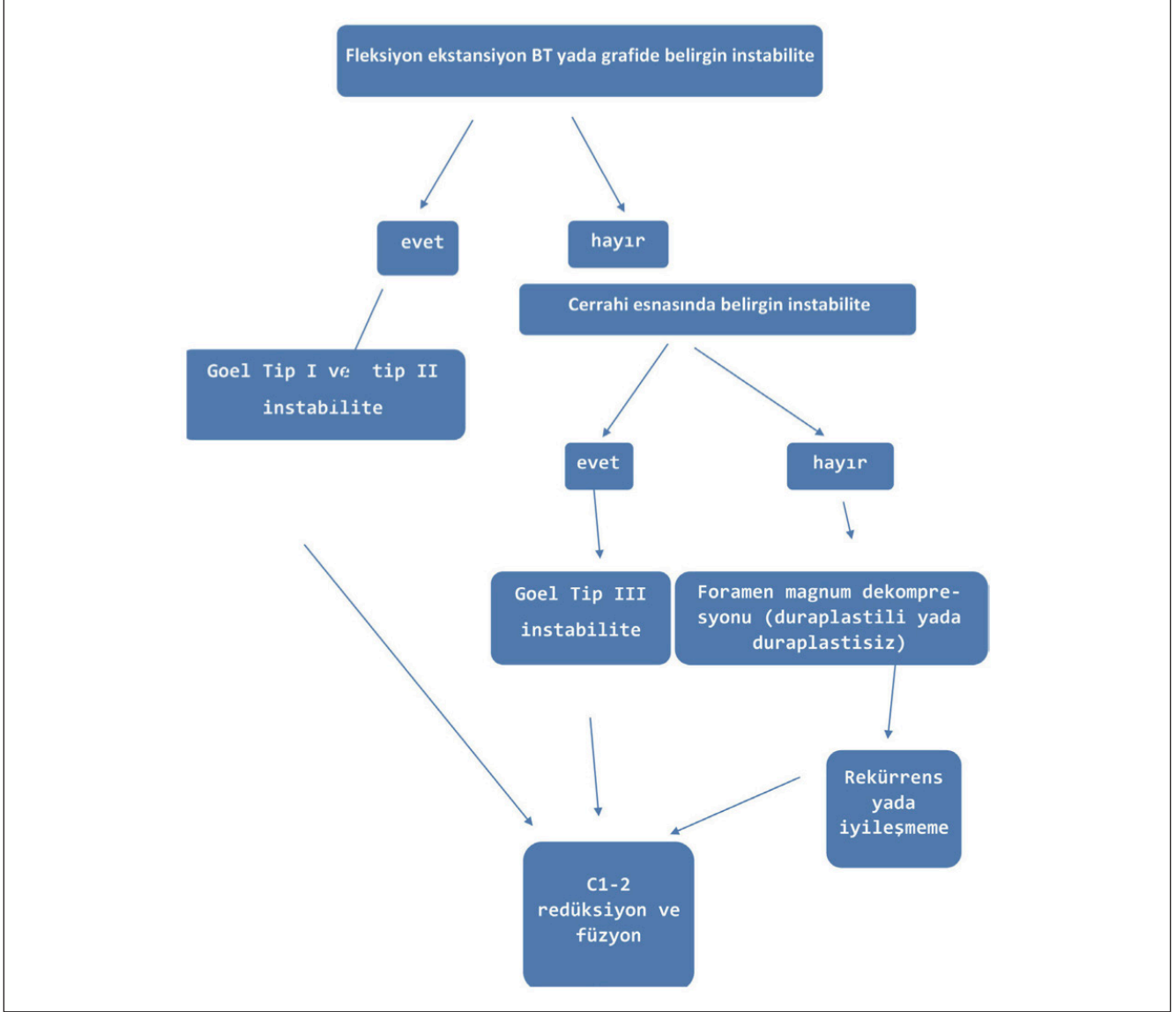
Ayrıca C1-2 eklem arasına yerleştirilen kafes sayesinde odontoid geri çekilerek ventral beyin sapı basısı ortadan kaldırılmakta ve anteriorda BOS dolanımı sağlanmaktadır (1,21).

Aynı zamanda foramen magnum dekompresyonu yapılan bazı hastalarda bir süre sonra klinik ve radyolojik kötüleşme olduğu bilinmektedir. Bu durumun nedeni olarak da atlantoaksiyel instabilitenin gösterildiği yayınlar mevcuttur (18,21). Hangi hastaya sadece dekompresyon, hangi hastaya fiksasyon önerdiğimizizi bir algoritma hâlinde tanımladık ve Tablo I'de özetledik. Kompleks chiari malformasyonu içerisinde sadece tonsiller herniasyon değil beraberinde başka kemik anomalileri ve siringomiyeli eşlik etmesi nedeniyle detaylı analiz edilmeli ve cerrahi strateji belirlenmelidir. Özellikle rekürren olgularda fasetal instabilite mutlaka sorgulanmalı ve C1-2 fiksasyonu değerlendirilmelidir.



Şekil 3: 32 yaşında Chiari 1.5 tanılı kadın hastanın preoperatif MR, BT ve X-ray görüntüleri izlenmektedir.

**Tablo I:** Syringomyelinin eşlik ettiği chiari malformasyonda tedavi algoritması.



## KAYNAKLAR

1. Arslan A, Olguner SK, Acik V, İstemen İ, Arslan B, Ökten Aİ, Gezeran Y: Surgical outcomes of C1-2 posterior stabilization in patients with chiari malformation type 1. *Glob Spine J* 12(1):37-44, 2022
2. Bonney PA, Maurer AJ, Cheema AA, Duong Q, Glen C, Safavi-abbasi S, Stoner J, Mapstone T: Clinical significance of changes in pB-C2 distance in patients with Chiari Type I malformations following posterior fossa decompression: A single-institution experience. *J Neurosurg Pediatr* 17(3):336-342, 2016
3. Brockmeyer DL: The complex Chiari: Issues and management strategies. *Neurol Sci* 32 Suppl 3: S345-347, 2011
4. Brockmeyer DL, Spader HS: Complex chiari malformations in children. Diagnosis and management. *Neurosurg Clin N Am* 26(4):555-560, 2015
5. Chamberlain WE0 Basilar impression (platybasia): A bizarre developmental anomaly of the occipital bone and upper cervical spine with striking and misleading neurologic manifestations. *Yale J Biol Med* 11(5):487-496, 1939

6. Chatterjee S, Shivhare P, Verma SG: Chiari malformation and atlantoaxial instability: Problems of co-existence. *Child's Nerv Syst* 35(10):1755-1761, 2019
7. CreveCoeur TS, Yahanda AT, Maher CO, et al: Occipital-cervical fusion and ventral decompression in the surgical management of chiari-1 malformation and syringomyelia: Analysis of data from the park-reeves syringomyelia research consortium. *Neurosurgery* 88(2):332-341, 2021
8. Cronin CG, Lohan DG, Mhuirheartigh JN, Meehan CP, Murphy J, Roche C: CT evaluation of Chamberlain's, McGregor's, and McRae's skull-base lines. *Clin Radiol* 64(1):64-69, 2009
9. Goel A: Atlantoaxial joint jamming as a treatment for atlantoaxial dislocation: A preliminary report. Technical note. *J Neurosurg Spine* 7:90-94, 2007
10. Goel A: Is atlantoaxial instability the cause of Chiari malformation? Outcome analysis of 65 patients treated by atlantoaxial fixation. *J Neurosurg Spine* 22(2):116-127, 2015
11. Goel A: Is Chiari malformation nature's protective "airbag"? Is its presence diagnostic of atlantoaxial instability? *J Craniovertebr Junction Spine* 5(3):107-109, 2014
12. Goel A: Occipitocervical fixation: Is it necessary? *J Neurosurg Spine* 13:1-2, 2010
13. Goel A: Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. *J Neurosurg Spine* 1:281-286, 2004
14. Goel A, Bhatjiwale M, Desai K: Basilar invagination: A study based on 190 surgically treated patients. *J Neurosurg* 88:962-968, 1998
15. Goel A, Kaswa A, Shah A: Atlantoaxial fixation for treatment of chiari formation and syringomyelia with no craniovertebral bone anomaly: Report of an experience with 57 Cases. In: *Acta Neurochirurgica, Supplementum*. Vol: 125, Springer-Verlag Wien, 2019:101-110
16. Goel A, Pareikh S, Sharma P: Atlantoaxial joint distraction for treatment of basilar invagination secondary to rheumatoid arthritis. *Neurol India* 53:238-240, 2005
17. Goel A, Sharma P: Craniovertebral realignment for basilar invagination and atlantoaxial dislocation secondary to rheumatoid arthritis. *Neurol India* 52:338-341, 2004
18. Goel A, Vutha R, Shah A, Ranjan S, Jadhav N, Jadhav D: Atlantoaxial fixation for failed foramen magnum decompression in patients with Chiari formation. *J Craniovertebr Junction Spine* 11(3):186-192, 2020
19. Grabb PA, Mapstone TB, Oakes WJ: Ventral brain stem compression in pediatric and young adult patients with Chiari I malformations. *Neurosurgery* 44(3):520-528, 1999
20. Ho WSC, Brockmeyer DL: Complex Chiari malformation: Using craniovertebral junction metrics to guide treatment. *Child's Nerv Syst* 35(10):1847-1851, 2019
21. İştmen İ, Harman F, Arslan A, Olguner SK, Açık V, Ökten Aİ, Arslan B, Gezeran Y: Is C1-C2 reduction and fixation a good choice in the treatment of recurrent chiari-like symptoms with syringomyelia? *World Neurosurg* 146:e837-e847, 2021
22. Jian FZ, Chen Z, Wrede KH, Samii M, Ling F: Direct posterior reduction and fixation for the treatment of basilar invagination with atlantoaxial dislocation. *Neurosurgery* 66:678-687, 2010
23. Kothari M, Goel A: Transatlantic odonto-occipital Listhesis: The so-called basilar invagination. *Neurol India* 55:6-7, 2007
24. McRae DL, Barnum AS: Occipitalization of the atlas. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 70(1):23-46, 1953
25. Pinter NK, McVige J, Mechtler L: Basilar invagination, basilar impression, and platybasia: Clinical and imaging aspects. *Curr Pain Headache Rep* 20(8):49, 2016
26. Simsek S, Yigitkanli K, Belen D, Bavbek M: Halo traction in basilar invagination: Technical case report. *Surg Neurol* 66:311-314, 2006
27. Smoker WR, Khanna G: Imaging the craniocervical junction. *Childs Nerv Syst* 24(10):1123-1145, 2008