

Dr. İsmail KAYA Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Niğde
✉ hekimiikaya@gmail.com

Derleme / Review

Geliş tarihi : 01.12.2021
Kabul tarihi : 06.12.2021

Kraniyoservikal Bölge Anatomisi

Craniocervical Region Anatomy

ÖZ

Kraniyoservikal bölge kraniyum ile spinal kolon kraniyal kısmı arasında yer alan bölgedir. Oksipital kemik alt yüzü atlas aksis ve ligamanları ile etraf kas sinir ve vasküler yapılarını içerir.

Kraniyoservikal bileşke, anatomik elemanları ve birbirleriyle etkileşimleri açısından kritik bir yapıdır. Bir tarafta foramen magnumun anterolateralinde yerleşmiş birinci servikal vertebra ile eklemlenen ve yukarıdaki kraniyumdan aşağıdaki servikal omurgaya geçişi sağlayan oksipital kondil, diğer tarafta benzersiz atlas ve aksis ile bunlara ek olarak kraniyoservikal bileşkedeki IX. X. XII. ve spinal sinirlerle boyun hareketlerinin çoğunu yapmamızı sağlayan kaslar, ligamanlar ve posteriyor dolaşımı sağlayan vertebral arterler alana girişim yapmak zorunda olan meslektaşlarımız üzerine ciddi sorumluluk yüklemektedir. Bu sebeplerden kraniyoservikal bileşkenin beyin cerrahları tarafından ayrıntılı incelenmesi ve bilinmesi gerekir. Çok sayıda morfometrik anatomik çalışma, beyin cerrahlarının hassas cerrahi koridorlarda güvenli cerrahisine yardımcı olmak için kraniyoservikal bileşkenin önemli ölçüde anlaşılmasını sağlamıştır. Bu tecrübelerden yola çıkarak kraniyoservikal bölge anatomisi hakkında derlememizi oluşturduk. Çalışmamızda sırası ile kemik yapılar (Foramen magnum, oksipital kondil, atlas, aksis,), ligamanlar, kaslar, vasküler ve lenfatik yapılarla bölgedeki nöral oluşumlar cerrahi bakış açısıyla şekiller ve tablo kullanılarak zenginleştirilip ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kraniyoservikal bölge, Foramen magnum, Atlas, Aksis

ABSTRACT

The craniocervical junction is the region between the cranium and the cranial part of the spinal column. The craniocervical junction includes the lower surface of the occipital bone, the atlas, the axis, ligaments, surrounding muscle, nerve, and vascular structures. The craniocervical junction is a critical structure in terms of its unique anatomical elements and their interactions with each other. On the one hand, the occipital condyle, which articulates with the first cervical vertebra located anterolaterally of the foramen magnum and provides the transition from the cranium above to the cervical spine below, on the other hand, the unique atlas and axis, as well as the 9th, 10th, 11th and spinal nerves, the muscles and the ligaments that allow us to do most of the neck movements, and the vertebral arteries that provide posterior circulation place a serious responsibility on our colleagues who have to intervene in the area. For these reasons, the craniocervical junction should be examined and known in detail by neurosurgeons. Numerous morphometric anatomical studies have provided a significant understanding of the craniocervical junction to assist neurosurgeons with safe surgery in sensitive surgical corridors. Based on these experiences, we created our review about the anatomy of the craniocervical junction. In our study, bone structures (Foramen magnum, occipital condyle, atlas, axis), ligaments, muscles, vascular and lymphatic structures, and neural formations in the region are explained in detail by using figures and tables from a surgical point of view.

Keywords: The craniocervical junction, Foramen magnum, Atlas, Axis

KRANIYOSERVİKAL BÖLGE ANATOMİSİ

Kraniyoservikal bölge kraniyum ile spinal kolon kraniyal kısmı arasında yer alan bölgedir. Oksipital kemik alt yüzü atlas aksis ve ligamanları ile etraf kas sinir ve vasküler yapılarını içermektedir.

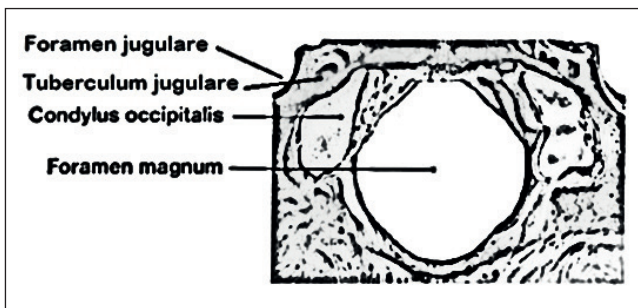
Kraniyoservikal Bölgenin Kemik Yapısı:

Foramen Magnum ve Oksipital Kondil

Foramen magnum (FM) kraniyumundan spinal kolona geçiş için çıkış noktası oluşturmaktadır. Anterolateralinde oksipital kondil (OK) bulunmaktadır. Anterior orta noktası bazion posteriyor orta noktası opistion'dur. Çok sayıda morfometrik anatomik çalışma, beyin cerrahlarının hassas cerrahi koridorlarda güvenli cerrahisine yardımcı olmak için FM ve çevresindeki alanların önemli ölçüde anlaşılmasını sağlamıştır. FM, sagittalde yaklaşık $34,7 \pm 2,5$ mm (min. 29,5 max. 43,5 mm) çapa sahip hafif oval şekillidir (21). FM'nin ortalama transvers çapı 27,9 mm'dir (min. 23 max. 32 mm) (19). FM örneklerin %46 ila 58'inde oval olduğu %10'unda ise asimetric olduğu bulunmuştur (2,19). FM'un anterolateralinde yerleşmiş, birinci servikal vertebra ile eklemelenen ve yukarıdaki kraniyumdan aşağıdaki servikal omurgaya geçişi sağlayan iki adet OK bulunur (Şekil 1).

Oksipital Kondil

Atlas ile eklemelenen OK, FM'nin anterior yarısında yer alan oval bir kemik kütesidir. Baziona doğru $30 \pm 7,5$ derecede mediyal olarak yaklaşır ve kraniyoservikal bölgenin lateral sınırlarını belirler (Şekil 1) (21). OK, incelenen örneklerin %57'sinde FM'ye doğru çıkıntı yapar (2). Aşağıdaki atlasın trapezoidal lateral kitlesi ile eklemelendiğinde, kondiler dış yüzeyi inferiyora doğru dışbükeydir, laterale bakar ve hem sagittal hem de koronal görünümde sefalokaudal eğimlidir (22). OK'in ortalama uzunluğu $23,6 \pm 2,5$ mm, ortalama genişlik $10,6 \pm 1,4$ mm ve ortalama yükseklik $9,2 \pm 1,4$ mm'dir (21). İnterkondiler mesafe $29,4$ mm'dir (min. 26,2 max. 37,0 mm) (22). OK, en yaygın tip 1 olarak da bilinen oval şekilli bulunmasına rağmen, diğer olası şekiller



Şekil 1: Oksipital kemik alttan görünümü.

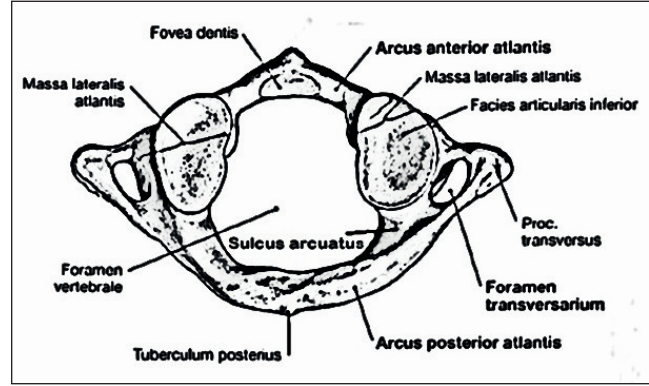
arasında böbrek şekilli, S şekilli, sekiz şekilli, üçgen şekilli, halka şekilli, iki parçalı ve deforme şekillerde bulunur (21). Bu morfometrik parametrelerin önemli klinik etkileri vardır çünkü kondilin şekli bu bölgeye cerrahi yaklaşımlar sırasında kondilektominin kapsamını etkileyebilir. Ek olarak, OK uzunluk olarak da sınıflanır. Böylece kısa (kondiler uzunluğu <20 mm, %8,6), orta (23 ± 3 mm, %77,2) veya uzun (>26 mm, %14,1) olarak sınıflandırılabilir (2,21). Tüm bu morfometrik analizlerde, kondil uzunluğu ile baş çevresi veya FM çapı (bazion-opistion mesafesi) arasında hiçbir korelasyon olmadığı iyi bilinmektedir (2,19,21,22). Kondilin posteriyorunda bulunan ve genellikle kondiler kanalı oluşturmak için çöküntü olan kondiler fossa bulunur (Şekil 1), içinden kondiler venöz pleksus ile sigmoid sinüsü birbirine bağlayan kondiler emisier ven geçer. Transkondiler yaklaşımda cerrahi açısından önemli olan daha önemli bir kanalda hipoglossal kanaldır ki içinden hipoglossal sinir kraniyum içinden dışına anterolateral olarak sagittal planda 45 derece açıda çıkar (Şekil 5, 6). Hipoglossal kanalın ortalama uzunluğu 12,6 mm'dir (min. 11 max. 15 mm) (19). Hipoglossal sinirin kraniyal forameni, OC'in anterior ucunun yaklaşık 10 mm (min. 4,2 max. 15,8 mm) süperiyor ve posteriyorunda bulunur (21). Çoğu zaman, hipoglossal sinirin intrakraniyal orijini, OC'in orta üçte birinde bulunur. OC'nin posteriyor kenarı ile intrakraniyal hipoglossal sinir orifisi arasındaki mesafe kritiktir çünkü hipoglossal sinire zarar vermeden çıkarılabilen maksimum kondil miktarını gösterir. Bir çalışmada posterior OC ve hipoglossal kanal arasındaki ortalama mesafe 12,2 mm (19) olarak bulunmuştur, ancak diğer çalışmalar bu mesafenin 7,9 mm kadar kısa olabileceğini göstermiştir (ortalama, 9,8 mm; min. 7,5 max. 12,2 mm) (2). Bu mesafe, üç boyutlu bilgisayarlı tomografi (BT) ile güvenilir bir şekilde ölçülebilir (2). Juguler foramen lateralde ve kondillerin anterior yarısının biraz üstünde bulunur. Posteriyorda juguler proses ve anteriorlarda juguler fossa ile sınırlanmıştır. Juguler tüberkül, oksipital kemiğin baziler ve kondiler kısımlarının birleştiği yerde OC ve hipoglossal kanalın anterosüperiorunda yer alır (Şekil 1) (2). Juguler tüberkülün ortalama anatomik uzunluğu, genişliği ve yüksekliği sırasıyla 15,4, 9,6 ve 7,7 mm olarak bulunmuştur. Yapılan bir kadavra çalışmasında, kuru örneklerin %23'ünde "uzun" bir juguler tüberkül (yükseklik $> 8,5$ mm) mevcuttu ve %10'unda ise "düz" dü (yükseklik $<3,5$ mm) (19). Hipoglossal kanaldan juguler tüberküle ortalama mesafe 11,7 mm olarak bulunmuştur (min. 8 max. 12 mm) (19). Dowd ve arkadaşlarına (9) göre, suboksipital kraniotomi yoluyla petrokliyal alana yapılan girişimlerde cerrahi açı dar ve diktir (yaklaşık 88 derece), bu da bu bölgedeki derin yapıların ulaşımında ciddi sorunlara

neden olur. OC'yi hipoglossal kanala kadar rezeke ettikten sonra, cerrahi alan hâkimiyeti artar ve açı 47 dereceye kadar düşürülebilir (9). Her milimetre OC rezeksiyonu, açığı 2,4 derece azaltır (9). Kontralateral jugüler tüberküli bulabilmek için en az 17 mm OC rezeksiyonu gerekir. Spektor ve meslektaşları (25) OK'in hipoglossal kanala kadar rezeksiyonunun cerrahi alanın yalnızca %21'den %28'e kadar kısmi olarak artırdığını göstermiştir. Klivusun görüntülenmesini engelleyen ana yapı juguler tüberküldür ve rezeksiyonu cerrahi alana hâkimiyeti ipsilateral, kontralateral ve rostral yönlerde %71'e varan oranda artırır (19). Total OC rezeksiyonu, cerrahi alana hakimiyeti önemli ölçüde artırmaz, ancak instabilite riski artışı ile daha fazla hareket özgürlüğü sağlar (19). Genel olarak, %25 kondiler rezeksiyon lateral görüşü 3 mm ve görüş açısını 10,7 derece artırırken, %50 kondiler rezeksiyon lateral görüşü 7 mm ve görüş açısını 15,9 derece artırmıştır (19).

Atlas (C1)

Yunan mitolojisinde Atlas Olimpiyanlara karşı savaşı kaybedince dünyayı sırtında taşımakla cezalandırılan titan olarak simgelenir. Bu nedenle, kraniumun üzerine oturduğu ilk servikal omur, onun adını taşır. Atlas, diğer omurlardan oldukça farklıdır; korpus veya spinöz proses olmadan halka şekline sahiptir. Atlas, kısa bir anterior kemere ve daha uzun bir posterior kemere çevresel olarak bağlı iki yoğun, kortikal lateral kitleden oluşur (Şekil 2).

Bu yapı, C1-C2 lateral kitle vidası prosedürleri için kalın bir kortikal-spongioz kemik sağlar. Lateral kitle trapezoid şekilde, yandan daha geniş ve merkeze doğru daha dardır (Şekil 2). Lateral kitlenin medial yüksekliği $8,81 \pm 1,46$ mm ve lateral yüksekliği $18,01 \pm 2,33$ mm'dir (4). Lateral kitlenin anteroposterior [AP] çapı $19,73 \pm 1,71$ mm'dir (5). Her iki kemer de dışa doğru dışbükeydir ve orta hatları kalınlaşmış bir tüberkül ile tanımlanır. Daha kısa olan anterior kemer, posterior kemere biraz daha yüksek ve daha incedir. Anterior kemer yüksekliği $15,4 \pm 3,2$ mm ve kalınlığı $6,4 \pm 1,0$ mm'dir. Daha uzun olan posterior kemer yüksekliği $10,0 \pm 1,8$ mm ve kalınlığı $8,0 \pm 2,1$ mm'dir (8). Atlas iç halkası AP çapı $31,7 \pm 2,2$ mm ve transvers çapı $32,2 \pm 2,3$ mm'dir (8). Vertebral arter, lateral kitlenin kenarından aşar ve posterior kemerinin süperiyoruna uzanan bir kemik sulkus (arkuat sulkus) içinde yuvalanmıştır (Şekil 2). Sulkusun uzunluğu $14,5 \pm 2,1$ 'dir ve posterior kemerin orta hattaki tüberkülünden yaklaşık 8 ila 13 mm'de biter (11). Vertebral arterin sulkus üzerindeki transvers yolunun uzunluğu ortalama 16,6 mm'dir (min. 13 mm max. 19 mm) (1). Bu alandaki vertebral arter çapı 3,9 mm'dir (min. 2,3 mm max. 5,9 mm). Sol vertebral arter %42,9



Şekil 2: Süperiyordan atlas görünümü ve yapısı.

oranında sağdan daha büyük ve %21,4 oranında eşit çaptadır (1). Atlasın posterior kemerinin orta hattından 1 ila 1.5 cm'den fazla açığa çıkılmaması önerilir. Her bir lateral kütle için üst yüzeyi, dışbükey OK'in bu kavimli faset yüzeyine sıkıca oturmasını sağlamak için içbükeydir. Lateral kütle için inferior yüzü, yuvarlak bir yüzeydir ve inferiyora doğru açıdır. Sagittal görünümde, hem OK-C1 hem de C1-C2 fasetleri anteriora posteriora hafifçe inferiyora doğru eğimlidir (Şekil 4). Koronal görünümde, medialden laterale, lateral kütle için trapezoid konfigürasyonu, OK yüzeyi laterale ve C1 superior eklem yüzeyi mediale bakacak şekilde OK-C1 fasetlerinin süperiyora doğru eğimini oluşturur (Şekil 4). Dengeyi sağlamak için, C1-C2 fasetleri, C1 lateral kitlesinin alt eklem yüzeyi mediale bakacak şekilde inferiyora doğru eğimlidir (Şekil 4). Anterior kemerin hemen posteriorunda, süperiyora doğru uzanan odontoid bulunur. Odontoid proses posteriorundan geçen kalın transvers ligament, her bir lateral kitlenin medial kenarında bulunan küçük, tüberküle tutunur (Şekil 5, 6). Transvers ligaman, C1-C2 kompleksini oksiputa stabilize eden kurusiat ligaman kompleksinin bir parçasıdır (Şekil 5, 6). Lateral kitlenin laterali, mandibular açı ve mastoid proses arasında parmakla dokunulabilece kadar belirgin olabilen transvers prosesdir. Transvers prosesin birinin ucundan diğerinin ucuna kadar tüm atlasın transvers çapı $78,6 \pm 8,1$ mm'dir (1). Transvers proses içinde, vertebral arterin V2 segmentini ileten transvers foramen bulunur. Yoğun kortikal kemiği ile C1 lateral kitlesi, lateral kitle vidalarının yerleştirilmesi için güvenli alan sağlar (30). Lateral kitle vidalarının yerleştirilmesinde, vertebral ve karotis arterleri, C2 sinir köklerini ve hipoglossal siniri risk altındadır (30). Lateral kitle vidalarının güvenli yerleştirilmesi için C1'in anatomisi kapsamlı bir şekilde tanımlanmıştır. Bikortikal vida yerleştirme derinliği aksiyal düzlemde $19,3 \pm 0,21$ mm ve sagittal düzlemde $20,9 \pm 0,19$ mm'dir (13,18,30).

Lateral kitle vidası için ortalama sagittal giriş açısı, sağda süperiyora doğru $33,1 \pm 8,0$ derece ve solda $37,3 \pm 9,1$ derecedir (13,18,30). Bikortikal lateral kütle vidası için aksiyal açı, $20,5$ derecelik açıyla posteriyor giriş noktasından medial olarak biraz daha düşüktür (13,18,30). Bu anatomik çalışmalara dayanarak, lateral kitle vidası için ideal giriş noktasının lateral kitleye tutunan posterior kemerin medial kenarının birleşim noktası olması önerilir (3). Bu işaret kullanılarak vertebral foramen ve vida yolu arasındaki ortalama mesafe $8,8$ mm'dir. Güvenli vida açısı ise süperiyora ve mediale doğru 15 derecedir (12).

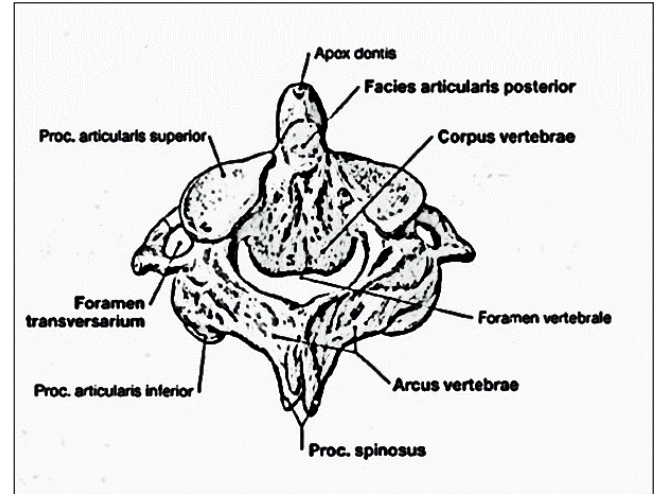
Aksis (C2)

Aksis veya epistroeus olarak da adlandırılan ikinci servikal vertebra, başın dönmesine izin veren atlas için bir pivot olarak çalıştığı için bu şekilde adlandırılmıştır. Odontoid proses C2 gövdesinden kraniyale doğru uzanır (Şekil 3, 4).

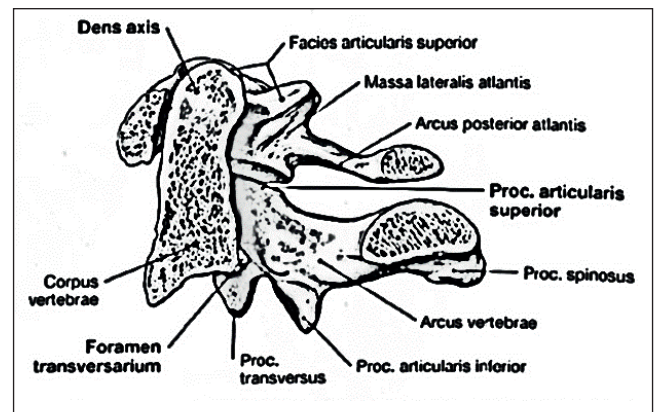
Odontoid $1,0$ ila $1,5$ cm uzunluğunda ve 1 cm genişliğinde ($9,8 \pm 0,8$ mm), ve C2 gövdesine göre posteriyora 0 ila 30 derece arasında eğimli olabilir (16,29). Odontoidin ventral yüzeyinde, C1'in anterior kemerinin posteriyor yüzü ile eklemlenen oval bir faset bulunur. Odontoidin dorsal yüzeyinde, transvers ligamanın, odontoidi stabilize etmek için C1 halkasının bir tarafından diğerine geçerken oluşturduğu transvers bir sulkus bulunur. Odontoid, apeksinden oksipital kemiğe kadar uzanan apikal ligaman tarafından daha da stabilize edilir ve alar ligamana karışır. Aksis gövdesi, tabanda asimetrik ve geniştir ve odontoidin ucuna doğru inceler (Şekil 5, 6).

C2 vertebra gövdesi yüksekliği, vertebranın end platinden odontoidin tabanına kadar $22,13$ mm'dir (min., $17,0$ ila max. $26,0$ mm) (16). C2 gövdesi genişliği, tabanında $19,2 \pm 2,2$ mm ve orta gövdede $15,9 \pm 1,7$ mm'dir (15). Odontoid ve gövde, gövdeden yanıl olarak pediküllere uzanan ve atlasın alt yüzleriyle eklemlenen bir çift oval yüzle çevrilidir (Şekil 3, 4, 5, 6); bu eklemlenme hem koronal hem de sagittal görünümde kaudale doğru eğimlidir. Superior fasetten posteriyora doğru uzanan, pedikül ve lamina bulunur. Aksisin lamina oldukça kalındır ve başarısız C2 pedikül stabilizasyonunda ve anormal yüksek vertebral arter vakalarında önemli bir kurtarma noktası olarak kullanılabilir (5). C2 lamina uzunluğu $24,8 \pm 1,9$ mm kalınlığında $5,75 \pm 1,21$ mm'dir. Spinöz proses-lamina açısı $48,47 \pm 5,37$ derecedir (6). C2 pedikül oldukça sağlamdır ve vida yerleştirmek için yeterince büyüktür (Şekil 3). C2 gövdesi hariç C2 pedikül yüksekliği $8,7$ mm'dir (min. $5,90$ mm ila max. $10,90$ mm) (14). C2 pedikülün ortalama genişliği $5,8 \pm 1,2$ mm'dir ve vida yerleştirme için toplam pedikül transvers açısı $43,2 \pm 3,9$ derecedir (min. $32,8$ derece ila

max. $53,2$ derece) (24). Ancak pedikülün anatomik ortanca açısı sadece $10,37$ derece (min. $6,00$ derece ila max. $20,00$ derece), eğim açısı ise $28,41$ derecedir (min. $20,00$ derece ila max. $38,00$ derece) (14). Aksisteki güvenli vida giriş noktası, C2 pedikülün posteriyor yüzünün süperiyor ve medial üçte birlik kısmıdır (12). Vertebral arter foramenleri, C2 superior fasetlerinin alt yüzeyinde derin bir sulkus oluşturur ve hastaların %15'inde superior fasetin tüm alt yüzeyini kaplar. Bu nedenle, C2 pedikül vidası için güvenli giriş noktası 40 derece medial ve 20 derece süperiordur (12). Alt eklem yüzleri, pedikül ve laminanın birleştiği yerde bulunur ve C3'ün üst yüzleriyle eklemlendiğinde inferiyor ve anteriora bakar. C2'nin transvers prosesleri, vertebral arterin C1 superior sulkus üzerinde medial yönde sapmadan önce süperiyora doğru hareket ettiği foramen transversiumun lateral kenarını sınırlayan küçük lateral çıkıntılardır (Şekil 3).



Şekil 3: Süperiordan aksis görünümü ve yapısı.



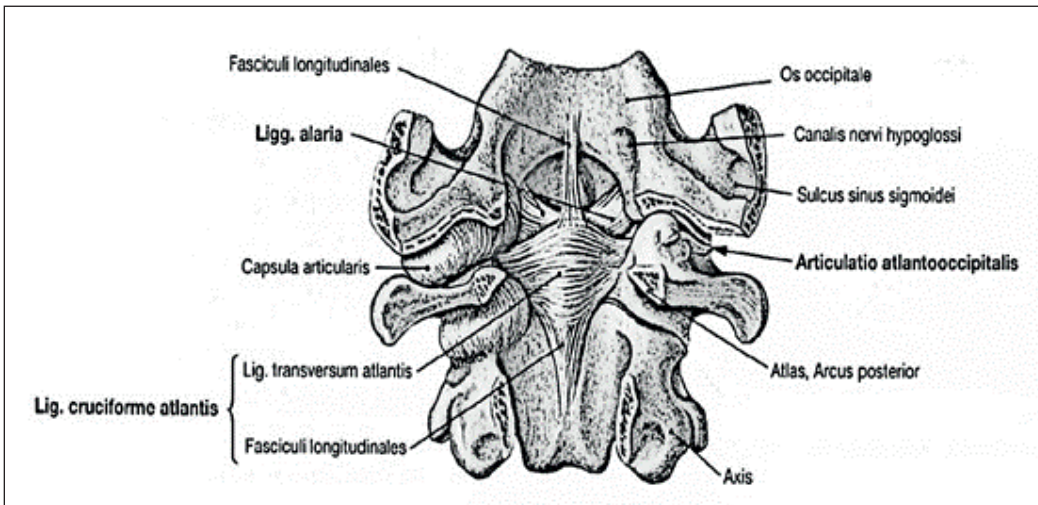
Şekil 4: Orta hattan Atlas ve Aksis sagittal görünümü ve ilgili yapılar.

Kranioservikal Bileşkenin Ligamanları:

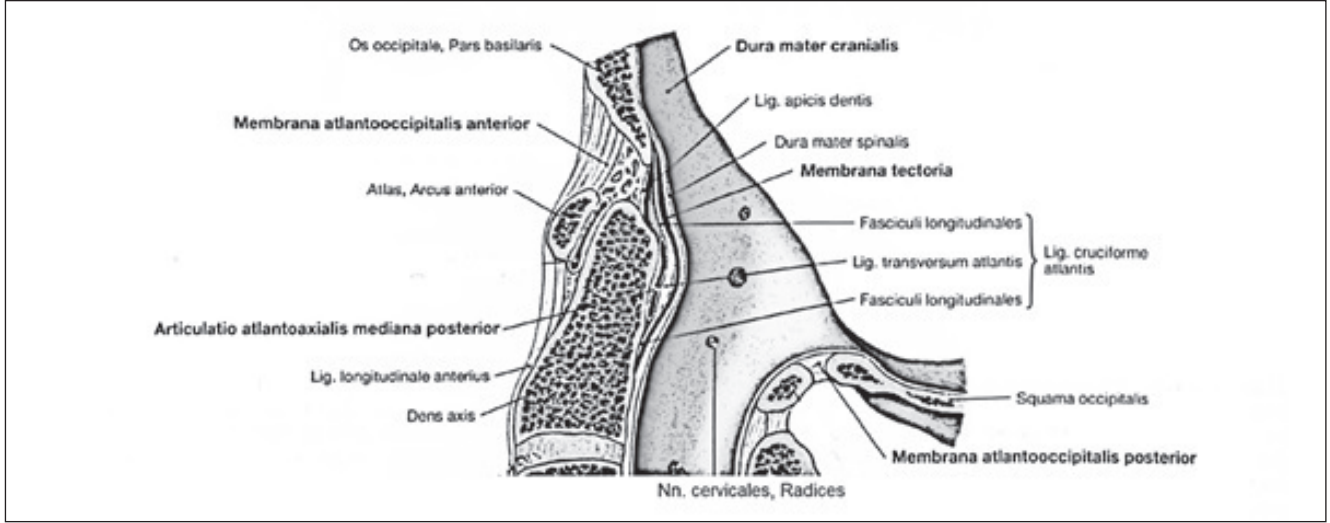
Kranioservikal bileşke, benzersiz anatomik elemanları ve birbirleriyle etkileşimleri açısından kritik bir yapıdır. Kranioservikal bileşke tüm özelliklerine rağmen, özünde sinovyal eklemler, kaslar ve ligamanlar ile iç içe geçmiş özel kemiklerin kombinasyonudur. Romatoid artrit gibi dejeneratif osteoartropatiler, kranioservikal bileşkenin benzersiz biyomekaniğini daha iyi anlamamıza neden olur (Tablo 1). Kemik elemanların erozyonu ilerledikçe transvers ligamanların tutunma noktalarının atlas üzerinde yıkımı, atlantoaksiyel eklemden ligaman gevşekliği ile sonuçlanır. Bu, durum atlantoaksiyel dislokasyon veya odontoidin süperiyora doğru basması sonucu baziler impresyon ile sonuçlanabilir (12). Kranioservikal bileşkenin ligamentöz elemanları, ekstrinsik veya intrinsik olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir. Ekstrinsik ligamanlar; anterior longitudinal ligamanın yerini alan fibroelastik membranlar, atlas ve aksis arasında uzanan ligamentum flavum, eksternal oksipital protuberanstan atlasın posteriyoruna ve üst servikal spinöz proseslere uzanan ligamentum nuchae yapar. İntrinsik ligamanlar, tektoryal membrandan oluşur; aksesuar, atlantoaksiyel, crussiat ve odontoid ligamanlar ve anterior atlantoaksiyel membranlardır.

İntrinsik tabakayı oluşturan tüm ligamanlar duranın önünde yer alır ve kranioservikal bileşkeyi oluşturan kemik yapıları ek destek sağlar (Şekil 5, 6) (7). Oksipitoatlantoaksiyel ligamanların özel düzenlemeleri dikkat çekicidir hem karmaşık harekete izin verir hem bölgenin stabilitesini sağlar. Eklem kapsülleri lateral atlantoaksiyel fasetlerin eklem yüzeylerini çevreler ve atlantoaksiyel ligamanlar tarafından güçlendirilir. Kapsüller, tektoryal membrandan rostral yönde geçen yanalliflerle güçlendirilmiştir. Odontoid-spesifik ligamanlar, özellikle alar ligamanlar ve transvers

atlantal ligament, kranioservikal bileşke stabilitesi için çok önemlidir. Apikal, atlantodental ve atlantoalar ligamanlar gibi diğer odontoidde özgü ligamanlar aksesuar rol oynar. Crussiat ligaman, adından da anlaşılacağı gibi, odontoidin posteriyorunda bir artı şekli oluşturan hem horizontal hem de transvers ligamanlardan oluşur (Şekil 5, 6). Transvers atlantal ligaman olarak da adlandırılan transvers ligaman, her iki yanda atlasın lateral kitlelerinin medial tarafında bir tüberküle (Şekil 5) bağlanır ve odontoidin posteriyorundaki atlasın halkası boyunca uzanır. Rostrokaudal yönde uzanan longitudinal ligamanlar, kurussiat ligamanının çaprazını oluşturmak için orta hatta transvers atlantal ligamanla buluşur. Bu dikey kısım süperiyorda klivusun üst yüzeyine ve inferiyorda aksis gövdesinin posteriyor yüzeyine yapışır (7). Transvers atlantal ligaman kranioservikal bileşkenin en güçlü, en kalın ligamanıdır (ortalama yükseklik/kalınlık 6/7 mm) ve bu nedenle atlasın baskın stabilizatörüdür (20). Biyomekanik çalışmalar, aksisin üzerinde atlasın anterior sublüksiyonuna karşı transvers ligamanın birincil savunma olduğunu ve C1'in yırtılmadan önce sadece yaklaşık 3 ila 5 mm göreceli olarak elastik olmayan sublüksiyonuna izin verir. Bu çalışmaların yazarları ayrıca atlantoaksiyel eklemlerin aksesuar bağlarının, atlasın anteriora kaymaya karşı ikincil kısıtlamaları olarak hizmet ettiği sonucuna varmıştır (3,4,7,20,25). Anteroposterior stabilizatör olarak işlev gören ve odontoidi dikey pozisyonunda tutar. Transvers ligament rotasyona izin verirken, alar ligamanlar aşırı rotasyonu önler (4). Bu ligamanların bozulması kranioservikal bileşkeyi istikrarsızlaştırır (25). Alar ligamanlar (Şekil 6) odontoidin süperiyor üçte birlik kısmının posteriyor yüzeyinden kaynaklanır ve oksipital kemiğe ve C1'in lateral kütlelerine yapışmak üzere iki bant halinde, oksipitoalar ve atlantoalar bantlar halinde lateral olarak uzanır (29).



Şekil 5: Kranioservikal bileşke ligamanları vertebral kolon posteriyor yarısı çıkarılmış.



Şekil 6: Kraniyoservikal bileşke ligamanları orta hattan sağittal görünüm.

Alar ligamanın lifleri tipik olarak horizontal yönde yönelir, ancak bu tamamen oksipital kemiğin pozisyonuna bağlıdır. Alar ligamanlar, hareket sırasında başın stabilizasyonunda önemli bir rol oynar ve kraniyoservikal bileşke eksenel rotasyonun ana kısıtlayıcıdır (7). Kadavra diseksiyonları, bir veya her iki alar ligamanın transeksiyonunun hem oksipitoatlantal eklem hem de atlantoaksiyel eklem arasındaki fleksiyon-ekstansiyon, lateral bükülme ve tüm rotasyon hareketlerinde artışa neden olduğunu göstermiştir (29). Kraniyoservikal bileşkeyi stabilize ederek ve atlasın anteriora doğru yer değiştirmesini önleyecek kadar güçlü olan, transvers ligaman dışında tek ligamanlardır. Transvers ligaman rüptüründe, alar ligamanlar atlantoaksiyel subluksasyonu önlemekten sorumludur (4). Alar ligaman, kontralateral eksenel dönüşü yaklaşık 90 derece ile sınırlar. Bu ligamanın hasar görmesi, daha fazla eksenel rotasyona neden olur, bu da vertebral arterde veya spinal aksesuar sinirlerde kompresyon veya hasara neden olabilir (7). Tektoryal membran (Şekil 5, 6), vertebral kolonun posterior longitudinal ligamentinin kraniyal uzantısı gibi görünmektedir. C2 gövdesine kaudal olarak ve oksipital kemiğin baziler oluşuna kraniyal olarak bağlanır. Tektoryal membran, kraniyal ve kaudal bölgelerde ilgili kemiklere sıkıca yapışmıştır, ancak odontoid posteriyorundan bağımsız görünmektedir. Tektoryal membranın işlevi hâlâ bir tartışma konusudur. Bazı yazarlar, kapsamlı kadavra çalışmalarından, krusiat ligaman gibi kraniyoservikal bileşke için stabilize edici bir rol oynayabileceği sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, diğer yazarlarda, gerçek hayatta son derece nadir bir olay olan tektoryal membranın izole transeksiyonunun, artan fleksiyon veya rotasyonel hareketlerle önemli instabiliteye neden olmadığını bulmuşlardır (7). Posterior longitudinal

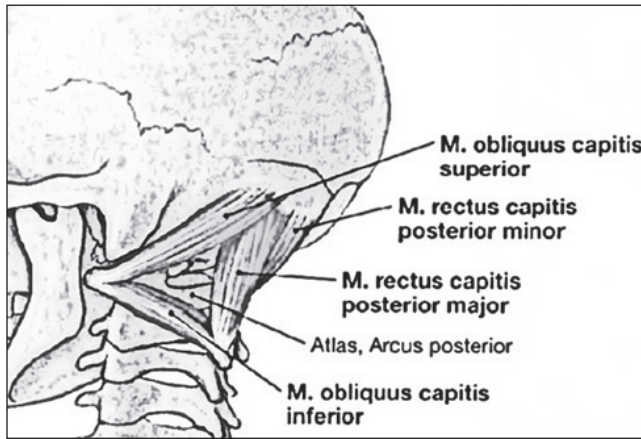
ligamanın kraniyal uzantısı, anterior yerleşimli odontoid proses tarafından tekal kesenin ventral kompresyonunun ve nöral içeriğinin hasar görmesinin önlenmesinde ikinci bir savunma hattı görevi görüyor gibi görünmektedir (7). Arnold ligamanı olarak da bilinen aksesuar atlantoaksiyel ligaman, atlasın lateral kitlesini aksisin gövdesine bağlar ve kraniyal alandan oksipital kemiğe kadar uzanır (28). Bu ligaman yaklaşık 5 mm kalınlığında ve 30 mm uzunluğundadır ve atlası aksise bağlar ve oksipital kemiğe kaudal olarak devam eder. Bu aksesuar ligaman, kraniyoservikal bileşkenin rotasyonel stabilitesine katılıyor gibi görünmektedir (7). Anterior atlantookspital membran ile sinerjistik olabilecek bir başka ligaman, örneklerin %92,3'ünde bulunan Barkow ligamanıdır. Bu, odontoidin süperiyorunun önünde OK'in medialine tutunan ve alar ligamanın anteriorundan geçen 3.5 mm kalınlığında bir ligamandır (26). Kraniyoservikal bileşke daha işlevi belirsiz olan bir ligaman, transvers oksipital ligaman veya Lauth ligamanıdır (27). Bu, transvers ligamanın transvers kısmının süperiyorundaki OK'lere ve alar ligamanın posterosüperioruna bağlanan ince bir transvers ligamandır. Bu ligaman örneklerin %10 ila %77,8'inde bulunmasına rağmen, Lauth ligamanının biyomekanik önemi açıklığa kavuşturulmamıştır (10,17,27). Son olarak, asıcı ligaman veya odontoid ligaman olarak da bilinen apikal ligaman, odontoid ucundan FM'un anterior sınırına kadar uzanır ve anterior atlantookspital membran ile krusiat ligaman arasında uzanır (Şekil 5, 6). En sık orta hatta bulunur ve alar ligamanların oluşturduğu potansiyel üçgen boşlukta bulunur. Bazı demografik çalışmalar, apikal ligamanın yokluğunun nadir bir olay olduğunu, diğerleri ise hastaların %20'sine kadar eksik olduğunu bulmuştur. Bu nedenle bu ligaman, kraniyoservikal bileşkenin stabilizasyonuna çok

az katkı sağlayan veya hiç katkı sağlamayan embriyolojik körelmiş bir kalıntı olarak kalır (Tablo 1) (7,23).

Kranioservikal Bileşkenin Kasları:

Boyun kasları bu alandaki cerrahi anatominin önemli bir kısmıdır. Yüzeğinde musculus(m.) trapezius ile m. semispinalis capitis bulunur. Ana kaslar ve görevleri sırasıyla aşağıdaki gibidir (Şekil 7).

M. rectus capitis posterior major: Aksisin prosesus spinozusundan köken alır ve linea nuchae inferolateraline



Şekil 7: Suboksipital bölge temel kaslar posteriyordan görünüm.

tutunur. Çift taraflı çalıştığında başa ekstansiyon tek taraflı çalıştığında ipsilateral rotasyon yaptırır.

M. rectus capitis posterior minor: Atlasın tüberkulum posterius'undan köken alır ve linea nuchae inferomedialine tutunur. Başa ekstansiyon yaptırır.

M. obliquus capitis inferior: Aksisin prosesus spinozusundan köken alır ve atlasın prosesus transversusuna tutunur. Başa ipsilateral rotasyon yaptırır.

M. obliquus capitis superior: Atlasın prosesus transversusundan köken alır ve linea nuchae inferioruna tutunur. Başı posteriyora ve aynı yöne eğer.

Kranioservikal bileşkenin inervasyonu ve bölgedeki nöral yapılar:

C1 sinir kökü: Posteriyoru (nervus(n). suboccipitalis) anteriorundan daha belirgindir. Suboksipital kasları innerve eder ve bazen n. oksipitalise dallar verir.

C2 sinir kökü: posterior, medial (n. occipitalis major) ve lateral bölümler suboksipital yüzeysel kasları ve verteksten occiputa kadar skalpi innerve eder.

N. occipitalis minor: C3 ve C2'nin dorsal bölümlerinden oluşur.

IX ve X. kranial sinirler: X. kranial sinir medullanın lateralinden çıkar. XI. kranial sinir medulla ve üst servikal

Tablo 1: Kranioservikal bileşke ligamanlarının temel özellikleri

Ligaman	Bağlantı noktaları	Özelliği
Apikal ligaman	Odontoid tepesinden baziona	OK-C2 distraksiyonunu limitler
Alar ligaman	Odontoid tepesinden OK medial tüberküllerine ve C1 lateral kütlelerine	OK-C2 aşırı rotasyonunu ve sublüksasyonunu engeller
Krusiat ligaman	Vertikal komponenti C2 gövdesinden basiona transvers komponenti C1 lateral kütlelerinden densin posteriyoruna	C1/C2 sublüksasyonunu ve OK-C1/C2 distraksiyonunu önler
Tektoryal ligaman	Vertebral gövdelerin posteriyorundan krusiat ligamanın posteriyoruna eklenir. (Posteriyor longitudinal ligamanın devamıdır)	Hiperfleksiyon ve distraksiyonu sınırlar
Anterior longitudinal ligaman	Vertebra gövdelerinin anterior kısmını örter	Hiperfleksiyon ve distraksiyonu sınırlar
Atlantoaksiyal aksesuar ligaman	C2 gövdesinin lateralinden mediale lateral kütlelere doğru	Atlantoaksiyal hiperrotasyonu sınırlar
Kapsüler ligaman	OK-C1 ve C1-C2 fasetlerini kaplar	Faset eklemlerini stabilize eder
Anterior ve posterior atlantookspital membranlar	Anterior: Baziondan C1 tüberkülüne Posteriyor: Opistiondan C1 posteriyor kemerine	Atlantookspital distraksiyonu sınırlar

spinal kordtan çıkar ve kraniyale doğru dentat ligamanın posteriyoruna doğru hareket eder. Bu sinirler juguler foramen aracılığı ile kafa tabanından ayrılırlar, juguler bulbus medialis boyunca devam ederler.

OK'in anteriorunda ve süperiyorunda hipoglossal siniri (XII) ileten hipoglossal kanal bulunur. Her spinal sinir kendi vertebraşının süperiyorundan çıkar.

Kranioservikal bileşkede vasküler ve lenfatik yapılar:

Vertebral arter (VA) (Şekil 8) C2 seviyesinde transvers forameni terk eder (V3 olur), 45 derecelik bir yanal izdüşüm alır ve yükselir (V3'ün dikey kısmı) C1 transvers foramenine doğru ilerler.

VA daha sonra medial olarak ilerler (V3'ün yatay kısmı) C1 sulkus arteriyozusuna girer ve daha sonra anteriordan atlantookspital membran yoluyla intradural hâle gelir (başlangıç V4 segmenti).

Nüfusun %15'inden azında sulkus çatılıdır ve bir foramen (arkuat foramen) (Şekil 5) oluşturur (11).

Kraniyoservikal bileşkeye kan, öncelikle vertebral ve oksipital arterlerden dallarla gelir. C1 internal karotid arter VA'den velen anastomoz yapan dallardan beslenir. Bölgede birçok anastomotik dal vardır. C2 tabanı çoğunlukla VA dallarından kan alır (posteriyor dolaşım); hipoglossal arterin apikal dalı (anterior dolaşım) tarafından C2 süperiyorunu besler. Kranioservikal bileşkeye lenfatik drenajı retrofaringeal ve derin servikal düğümlere olur (Grisel sendromu: kraniyoservikal bileşkeye instabilite ile eşlik eden retrofaringeal inflamasyon/enfeksiyon).

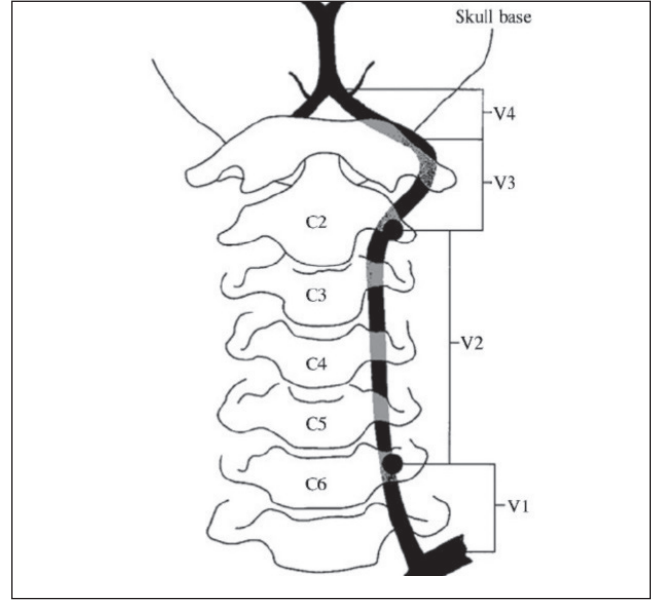
Kranioservikal Bileşkenin Özel Alanları:

Suboksipital üçgen

Suboksipital bölgedeki kasların sınırladığı üçgen şeklindeki bölgedir. Sınırlarını süperomedialde m. rectus capitis posterior major, süperolateralde m. obliquus capitis süperiyor inferolateralde m. obliquus capitis inferior yapar. Üçgenin döşemesini 1. servikal vertebraşının arcus posterioru ve membrana atlantaooccipitalis posterior oluşturur (Şekil 7). Üçgenin yüzeyinde medialde m. semispinalis capitis, lateralde ise m. longissimus capitis bulunur. Bu üçgenin içinde a. vertebralis ve n. suboccipitalis (1. servikal spinal sinirin posteriyor dalı) yer alır.

Cerrahi İnciler

- C1 ve C2 sinir kökleri mecbur kalındığında feda edilebilir.



Şekil 8: Vertebral arter seyri.

- C2 ganglionu etrafındaki venöz pleksus önemli derecede kanamaya neden olabilir ve bu nedenle VA yaralanması ile karıştırılabilir.
- C1/C2 stabilizasyonundan önce vertebral arterlerin rotasını ve açıklığını doğrulamak için kraniyoservikal bileşkenin ince kesitli BT'si ve/veya BT anjiyografisi çekilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Abd el-Bary TH, Dujovny M, Ausman JI: Microsurgical anatomy of the atlantal part of the vertebral artery. Surg Neurol 44(4):392-400; discussion 400-401, 1995
2. Avcı E, Dagtekin A, Oztürk AH, et al: Anatomical variations of the foramen magnum, occipital condyle and jugular tubercle. Turk Neurosurg 21(2):181-190, 2011
3. Blagg SE, Don AS, Robertson PA: Anatomic determination of optimal entry point and direction for C1 lateral mass screw placement. J Spinal Disord Tech 22(4):233-239, 2009
4. Cacciola F, Phalke U, Goel A: Vertebral artery in relationship to C1-C2 vertebrae: an anatomical study. Neurol India 52(2):178-84, 2004
5. Christensen DM, Eastlack RK, Lynch JJ, Yaszemski MJ, Currier BL: C1 anatomy and dimensions relative to lateral mass screw placement. Spine (Phila Pa 1976) 32(8):844-848, 2007
6. Dean CL, Lee MJ, Robbin M, Cassinelli EH: Correlation between computed tomography measurements and direct anatomic measurements of the axis for consideration of C2 laminar screw placement. Spine J9(3):258-262, 2009

7. Debernardi A, D'Aliberti G, Talamonti G, Villa F, Piparo M, Collice M: The craniovertebral junction area and the role of the ligaments and membranes. *Neurosurgery* 68(2):291-301, 2011
8. Doherty BJ, Heggeness MH: The quantitative anatomy of the atlas. *Spine (Phila Pa 1976)* 19(22):2497-500, 1994
9. Dowd GC, Zeiller S, Awasthi D: Far lateral transcondylar approach: dimensional anatomy. *Neurosurgery* 45(1):95-99; discussion 99-100, 1999
10. Dvorak J, Schneider E, Saldinger P, Rahn B: Biomechanics of the craniocervical region: The alar and transverse ligaments. *J Orthop Res* 6(3):452-461, 1988
11. Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M, Heck B: The quantitative anatomy of the vertebral artery groove of the atlas and its relation to the posterior atlantoaxial approach. *Spine (Phila Pa 1976)* 23(3):320-323, 1998
12. Gupta S, Goel A: Quantitative anatomy of the lateral masses of the atlas and axis vertebrae. *Neurol India* 48(2):120-125, 2000
13. Gupta T: Cadaveric morphometric anatomy of C-1 vertebra in relation to lateral mass screw placement. *Surg Radiol Anat* 30(7):589-593, 2008
14. Kazan S, Yildirim F, Sindel M, Tuncer R: Anatomical evaluation of the groove for the vertebral artery in the axis vertebrae for atlanto-axial transarticular screw fixation technique. *Clin Anat* 13(4):237-243, 2000
15. Koller H, Acosta F, Tauber M, Komarek E, Fox M, Moursy M, Hitzl W, Resch H.: C2-fractures: Part I. Quantitative morphology of the C2 vertebra is a prerequisite for the radiographic assessment of posttraumatic C2-alignment and the investigation of clinical outcomes. *Eur Spine J* 18(7):978-991, 2009
16. Lang J: Clinical anatomy of the cervical spine, Georg Thieme Verlag, Stuttgart/NY, 1993: 67
17. Lang J: Craniocervical region, osteology and articulation. *Neuro Orthoped* 1:67-92, 1986
18. Ma XY, Yin QS, Wu ZH, Xia H, Liu JF, Zhong SZ: Anatomic considerations for the pedicle screw placement in the first cervical vertebra. *Spine (Phila Pa 1976)*. 30(13):1519-1523, 2005
19. Muthukumar N, Swaminathan R, Venkatesh G, Bhanumathy SP: A morphometric analysis of the foramen magnum region as it relates to the transcondylar approach. *Acta Neurochir (Wien)* 147(8):889-895, 2005
20. Naderi S, Cakmakçi H, Acar F, Arman C, Mertol T, Arda MN: Anatomical and computed tomographic analysis of C1 vertebra. *Clin Neurol Neurosurg* 105(4):245-248, 2003
21. Naderi S, Korman E, Citak G, Güvençer M, Arman C, Senoğlu M, Tetik S, Arda MN: Morphometric analysis of human occipital condyle. *Clin Neurol Neurosurg* 107(3):191-199, 2005
22. de Oliveira E, Rhoton AL Jr, Peace D: Microsurgical anatomy of the region of the foramen magnum. *Surg Neurol* 24(3):293-352, 1985
23. Schweitzer ME, Hodler J, Cervilla V, Resnick D: Craniovertebral junction: Normal anatomy with MR correlation. *AJR Am J Roentgenol* 158(5):1087-1090, 1992
24. Smith ZA, Bistazzoni S, Onibokun A, Chen NF, Sassi M, Khoo LT: Anatomical considerations for subaxial (C2) pedicle screw placement: A radiographic study with computed tomography in 93 patients. *J Spinal Disord Tech* 23(3):176-179, 2010
25. Spektor S, Anderson GJ, McMenomey SO, Horgan MA, Kellogg JX, Delashaw JB Jr: Quantitative description of the far-lateral transcondylar transtuberular approach to the foramen magnum and clivus. *J Neurosurg* 92(5):824-831, 2000
26. Tubbs RS, Dixon J, Loukas M, Shoja MM, Cohen-Gadol AA: Ligament of Barkow of the craniocervical junction: its anatomy and potential clinical and functional significance. *J Neurosurg Spine* 12(6):619-622, 2010
27. Tubbs RS, Griessenauer CJ, McDaniel JG, Burns AM, Kumbla A, Cohen-Gadol AA: The transverse occipital ligament: anatomy and potential functional significance. *Neurosurgery* 66(3 Suppl Operative):1-3; discussion 3, 2010
28. Tubbs RS, Salter EG, Oakes WJ: The accessory atlantoaxial ligament. *Neurosurgery* 55(2):400-2; discussion 402-404, 2004
29. Tun K, Kaptanoglu E, Cemil B, Karahan ST, Esmer AF, Elhan A: A neurosurgical view of anatomical evaluation of anterior C1-C2 for safer transoral odontoidectomy. *Eur Spine J* 17(6):853-6, 2008
30. Wait SD, Ponce FA, Colle KO, Parry PV, Sonntag VK: Importance of the C1 anterior tubercle depth and lateral mass geometry when placing C1 lateral mass screws. *Neurosurgery* 65(5):952-6; discussion 956-957, 2009