

ANATOMİK TEMELLER VE YAPAY ZEKA

Editör
AYLA TEKİN



BİDGE Yayınları

ANATOMİK TEMELLER VE YAPAY ZEKA

Editör: AYL A TEKİN ORHA

ISBN: 978-625-372-701-7

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-06-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Sevgili okurlar,

Bu kitabı sizlere sunarken, insan vücudunun karmaşık ve hayati bir parçası olan otonom sinir sisteminin temel anatomik yapısını ve işleyişini anlamanıza katkı sağlamayı amaçladık. Ayrıca burun mukozasında sık karşılaşılan bir sorun olan epistaksis gibi önemli klinik konular da yer almaktadır.

Beraberinde teknoloji hızla gelişiyor ve yapay zekâ, eğitim ve sağlık alanlarında büyük fırsatlar sunuyor. Bu nedenle, yapay zekânın anatomi eğitimindeki ve klinik uygulamalardaki kullanımına da kitabımızda yer verdik. Böylece hem temel bilimleri öğrenme sürecinizde hem de gelecekteki klinik çalışmalarınızda bu teknolojilerin sunduğu avantajlardan haberdar olmanızı istedik.

Bu kitabın, öğrencilerden klinik çalışanlara kadar geniş bir yelpazede herkes için anlaşılır ve faydalı bir kaynak olmasını diliyoruz. Emeli geçen tüm yazarlara, destek veren kurumlara ve bu eserin ortaya çıkmasına katkı sağlayan herkese teşekkür ederim.

Siz değerli okurlarımıza faydalı olması dileğiyle.

Saygılarımla,

Editör

Dr. Öğr. Üyesi AYLA TEKİN

Kocaeli Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

SEMPATİK SİNİR SİSTEMİ ANATOMİSİ	1
<i>AHMET TURAN URHAN</i>	
PARASEMPATİK SİNİR SİSTEMİ ANATOMİSİ	20
<i>AHMET TURAN URHAN</i>	
BURUN MUKOZASINDA KURULUK VE EPİSTAKSİS: BİR ANATOMİK PERSPEKTİF	36
<i>NECAT KOYUN, VEYSEL AKYOL</i>	
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ANATOMY: BASIC AND CLINICAL APPROACH	53
<i>SEDA ÇETİN</i>	

BÖLÜM 1

SEMPATİK SİNİR SİSTEMİ ANATOMİSİ

AHMET TURAN URHAN¹

Giriş

Otonom sinir sistemi (OSS), temel yaşam fonksiyonlarının düzenlenmesinde rol oynayan, istemsiz çalışan organları innerve eden sinir sistemi bileşenidir. Bu yönüyle biyolojik yaşamsal faaliyetlerle ilişkili olduğu için *vejetatif sinir sistemi*, iç organlarla bağlantılı olması nedeniyle de *visseral sinir sistemi* olarak da adlandırılmaktadır (1, 2). OSS, kalp, akciğerler, düz kas dokusu içeren organlar ve ekzokrin bezler gibi istemsiz çalışan yapılara sinirsel uyarı iletir (3).

Yapısal ve işlevsel olarak sempatik sinir sistemi ve parasempatik sinir sistemi olmak üzere iki ana bölüme ayrılır. Her iki sistem de hem afferent (duyusal) hem de efferent (motor) sinir liflerini içerir. Morfolojik yapıları ve fizyolojik etkileri bakımından birbirlerine zıt (antagonist) özellikler gösterirler (1, 3).

Sempatik sinir sistemi, otonom sinir sisteminin en yaygın ve kapsamlı bölümünü oluşturur. Başta karın ve pelvik boşluktaki

¹ Öğr. Gör. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Artova Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Tokat/Türkiye, ORCID: 0000-0002-1178-2998
ahmetturan.urhan@gop.edu.tr

organlar olmak üzere, ter bezleri, kıl folikülleri, vasküler düz kas dokusu, akciğerler ve kalp gibi hayati organların çalışmasını düzenleyici görev üstlenir (4). Bu sistemin periferik sinirleri, torakal segmentlerin tamamı ile genellikle ilk iki (bazen üç) lumbal medulla spinalis segmentlerinden köken alır. Sinir hücrelerinin gövdeleri, omuriliğin gri cevherinde yer alan cornu laterale bölgesindeki *columna intermediolateralis*'te bulunur (3).

Sempatik sinir lifleri, spinal sinirin ön kökünden çıkarak *ramus albus* adı verilen miyelinli preganglionik lifler aracılığıyla ya sempatik gangliyonlara ulaşır ya da daha uzak prevertebral gangliyonlarda sinaps yapar. Birinci nöron, miyelinli preganglionik liflerden oluşur ve *ramus albus* olarak adlandırılır. İkinci nöron miyelinsiz postganglionik liflerden oluşur ve *ramus griseus* olarak adlandırılırlar ve karakteristik olarak gri renkli görünüm sergilerler (2, 3).

Rami communicantes, spinal sinirler ile *truncus sympathicus* (sempatik gövde) arasındaki bağlantıyı sağlayan sinir liflerinden oluşur. Bu lifler yapısal özelliklerine göre iki gruba ayrılır: miyelinli olan *ramus albus* ve miyelinsiz olan *ramus griseus* denir.

Ramus albus, medulla spinalis'te yer alan preganglionik nöronların miyelinli aksonlarından oluşur. Bu lifler spinal sinirin ön kökünden çıkarak *foramen intervertebrale* yoluyla omurilik kanalını terk eder ve omur gövdelerinin ön yüzünde konumlanan *ganglion trunci sympathici*ye ulaşır. Burada bazı lifler sinaps yaparken, bazıları sinaps gerçekleştirilmeksizin gangliyonu geçerek daha uzak segmentlerdeki diğer gangliyonlara yönelir.

Ramus griseus ise *truncus sympathicus* içerisindeki postganglionik nöronlara ait miyelinsiz aksonlardan oluşur. Bu lifler, *ramus albus*'un izlediği yolun tersine hareket ederek tekrar spinal

sinire katılır ve hedef organlara ulaşmak üzere periferik sinir sistemi içerisinde dağılır (2, 3).

Truncus Sympathicus

Truncus sympathicus, *columna vertebralis*'in her iki yanında yer alan, baş iskeletinin tabanından *os coccygis*'in sonuna kadar uzanan çift yapılı bir sinir ağıdır. Yaklaşık 70 cm uzunluğundaki bu yapı, her biri bir ganglion içeren ortalama 22–23 adet *ganglion trunci sympathici*'den oluşur (5,6). Sol ve sağ *truncus sympathicus*, sakral düzeyde *ganglion impar* adı verilen tek bir yapıda birleşerek sonlanır (8). Ganglionlar, hem boylamasına (*longitudinal*) hem de enine (*transvers*) yönlerde uzanan bağlantı lifleri ile birbirine bağlanır. Bu lifler *fasciculi internodiales* ya da *rami interganglionares* olarak adlandırılır. Özellikle sakral bölgede bu transversal bağlantılar daha belirginken, üst segmentlerde bu bağlar daha az belirgindir (5, 9).

Truncus sympathicus; miyelinli *preganglionik* lifler, miyelinsiz *postganglionik* lifler, afferent duyuşal lifler, ganglionlar arası bağlantı lifleri ve bu lifler arasında yer alan küçük ganglionlardan oluşan kompleks bir yapıdır. Bu sistemde yer alan bazı lifler, birden fazla spinal segment arasında yukarı veya aşağı yönlü seyreder. Sempatik ganglionlara ek olarak, *ganglia intermedia* olarak adlandırılan ara ganglionlar da mevcuttur. Bu küçük ganglionlar, *truncus sympathicus*'un dallarına yakın bölgelerde, spinal sinirlerin üzerinde konumlanır (2, 3).

Preganglionik sempatik lifler, omuriliğin *cornu laterale* bölümünde yer alan *columna intermediolateralis*'teki radiküler hücrelerin miyelinli uzantılarıdır ve spinal sinirin ön kökü aracılığıyla omuriliği terk ederler. Bu miyelinli lifler *ramus albus* olarak adlandırılır ve *truncus sympathicus*'a bağlanır. Bu liflerin bir bölümü doğrudan sinaps yapmadan daha üst segmentlerdeki servikal ganglionlara ya da daha alt segmentlerdeki lumbal ve sakral

ganglionlara ilerleyerek sinaps oluşturur (5). Alt torakal ve üst lumbal segmentlerden köken alan bazı preganglionik lifler ise truncus sympathicus'u sinaps yapmadan geçerek, karın boşluğunda yer alan prevertebral ganglionlara ulaşır ve burada postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Bu uzun mesafeli miyelinli lifler *nervi splanchnici* olarak adlandırılır (5, 9).

Ganglion Trunci Sympathici

Truncus sympathicus boyunca her iki tarafta toplamda 22–23 çift gangliondan oluşur. Bu yapılar genellikle iğ şeklinde ya da düzensiz konturlara sahip olup, çapları yaklaşık 1–10 mm arasında değişen kompakt nöronal yapılardır (10). Ganglionlar, çok sayıda uzantıya sahip *multipolar* nöronlardan oluşur. Bu nöronların aksonları, *postganglionik lifler* olarak adlandırılır ve periferik hedef dokulara sempatik uyarı iletimini sağlar (11).

Servikal bölgede sekiz çift spinal sinire karşılık sadece üç sempatik ganglion bulunur. Bu ganglionlar sırasıyla *ganglion cervicale superius*, *ganglion cervicale medium* ve *ganglion cervicale inferius* olarak adlandırılır. Diğer spinal bölgelerde ise paravertebral ganglionların sayısı, ilgili bölgedeki spinal sinir çiftlerinden genellikle bir eksiktir. Bu doğrultuda torakal bölgede 11 çift, lumbal bölgede 4 çift ve sakral bölgede yine 4 çift ganglion yer almaktadır. Bu ganglionlar truncus sympathicus boyunca düzenli bir şekilde yerleşmiş olup, her biri ilgili spinal sinirlerle *rami communicantes* aracılığıyla bağlantılıdır. (2, 3, 5).

***Ganglion trunci sympathici'*ye gelen preganglionik miyelinli sinir lifleri (*ramus albus*), fonksiyonel olarak üç farklı şekilde sonlanabilir (5, 7).**

Birinci grup preganglionik lifler, liflerin kendi segmentlerine karşılık gelen paravertebral ganglionlarda bulunan *ikinci nöron* (postganglionik nöron) ile sinaps kurmasıdır. Sinaps oluştuktan sonra, ikinci nöronun miyelinsiz aksonu olan *ramus*

griseus, segment düzeyine bağılı olarak ilgili *interkostal* ya da *lumbal* spinal sinirlere katılır. Bu postganglionik lifler daha sonra periferik hedef yapılar olan kan damarlarının düz kas tabakaları, ter bezleri ve derideki kıl foliküllerine bağılı *arrector pili* kaslarına ulaşır.

İkinci grup preganglionik lifler, segmental düzeyde karşılık gelen ganglionda sinaps yapmaksızın *truncus sympathicus* boyunca yukarı doğru ilerleyerek servikal bölgedeki ganglionlarda sonlanır. Bu ganglionlar sırasıyla *ganglion cervicale superius* (A), *ganglion cervicale medium* (B) ve *ganglion cervicothoracicum* ya da *stellatum* (C) olarak adlandırılır. Bu servikal ganglionlarda sinaps yaptıktan sonra oluşan postganglionik miyelinsiz lifler, *ramus griseus* adı altında arterlerin çevresinde ilerleyerek hem kranial sinir dallarına hem de servikal spinal sinirlere katılır ve baş-boyun bölgesindeki hedef yapılara ulaşır. Aynı şekilde, segmental ganglionlarda sinaps yapmayan bazı preganglionik lifler *truncus sympathicus* içinde aşağı yönde ilerleyerek, ikinci lumbal ganglionun altında yer alan alt lumbal, sakral ya da koksigeal seviyedeki paravertebral ganglionlarda sonlanır. Bu alt segmentlerde sinaps kuran preganglionik liflerin postganglionik uzantıları da *ramus griseus* olarak adlandırılır ve ilgili spinal sinirlerle birleşerek pelvis ve alt ekstremité bölgelerindeki hedef organlara sempatik innervasyon sağlar. Bu yukarı ve aşağı yönlü lif organizasyonu, sempatik sistemin segmentler arası koordineli uyarı iletimini mümkün kılar ve baş-boyun, toraks, abdomen ve pelvis bölgelerinde etkili bir otonomik kontrol sağlar (5, 7).

Üçüncü grup preganglionik lifler, segmentlerine karşılık gelen paravertebral ganglionlarda sinaps yapmaksızın *truncus sympathicus*'u doğrudan terk eden miyelinli yapılardır. Bu miyelinli lifler beyaz renkte olup *ramus albus* olarak adlandırılır. Söz konusu lifler, sinapslarını *truncus sympathicus*'un dışında, abdomen içerisindeki *prevertebral ganglionlarda* gerçekleştirir. Özellikle 5. ila 9. torakal ganglionlardan çıkan preganglionik lifler birleşerek

nervus splanchnicus major'u oluşturur. Bu sinir, *plexus coeliacus* içerisinde yer alan *ganglion coeliacum* ve ilişkili prevertebral ganglionlarda sinaps yapar. Bu ganglionlardan çıkan postganglionik lifler, arterlerin çevresinden ilerleyerek başta mide, karaciğer, dalak ve böbrek üstü bezleri olmak üzere üst abdominal organlara ulaşır. Benzer biçimde, 10. ve 11. torakal ganglionlardan köken alan preganglionik liflerin birleşmesiyle *nervus splanchnicus minor* oluşur. Bu sinir, *ganglion aorticorenale* düzeyinde postganglionik nöronlarla sinaps kurar ve özellikle böbrek ve üst üreter düzeyinde etkili olur. Bazen 12. torakal sempatik gangliondan ayrılan bağımsız bir preganglionik lif grubu *nervus splanchnicus imus* olarak tanımlanır. Bu sinir, genellikle *ganglion renale* düzeyinde sonlanır ve renal vasküler tonus ile ilişkili visseral hedef yapıları innerve eder. Bu sinirler, sempatik sistemin karın içi organlardaki otonomik kontrolünde temel rol oynar (2, 3, 7).

Ggl. trunci sympathicilerde nöron değiştiren (postganglionik) veya değiştirmeyen (preganglionik) lifler farklı yollarla organ veya diğer oluşumlara aşağıdaki şekilde gider (5).

- Spinal sinirlere katılan lifler
- Kranial sinirlere katılan lifler
- Arterler etrafında giden lifler
- Organlara giden müstakil lifler
- Büyük otonom pleksuslar

Sempatik Sinir Sistemi Bölümleri

- 1- Pars cranialis trunci sympathici
- 2- Pars cervicalis trunci sympathici
- 3- Pars thoracalis trunci sympathici
- 4- Pars lumbalis (abdominalis) trunci sympathici

5- Pars sacralis (pelvici) trunci sympathici

1- Pars cranialis trunci sympathici

Truncus sympathicus'un kranial uzantısı olan *pars cephalica*, anatomik olarak servikal sempatik zincirin devamı niteliğindedir. Ancak bu bölümde, tipik sempatik zincir elemanları olan *ganglion trunci sympathici*, *rami interganglionares*, *ramus communicans albus* ve *ramus communicans griseus* gibi yapılar bulunmaz (12). Bunun yerine, sempatik uyarının kranial yapılara iletimini sağlayan başlıca yapı *nervus caroticus internus*'tur (13).

Nervus caroticus internus, *ganglion cervicale superius*'tan çıkarak *arteria carotis interna* boyunca seyrederek ve baş bölgesindeki yapıları innerve eder. Bu sinir, seyri sırasında iki önemli pleksus yapısı oluşturur: *plexus caroticus internus* ve *plexus cavernosus*. Bu pleksuslar aracılığıyla sempatik lifler, beyin zarı damarları, göz kapağı kasları, *musculus dilatator pupillae*, *bulbus oculi*, yüz derisi, kranial damar yapıları ve büyük tükürük bezleri gibi birçok hedef yapıya ulaşır (2, 3, 5).

Bu kranial sempatik innervasyon, baş-boyun bölgesindeki vasküler tonusun düzenlenmesinde, pupilla dilatasyonu gibi oküler tepkilerin kontrolünde ve tükürük salgısının modülasyonunda önemli rol oynar. Özellikle *plexus caroticus internus* üzerinden gelen lifler, oftalmik pleksuslara da katılarak görsel ve otonomik refleks yollarında görev alır (5, 7).

Plexus caroticus internus, sempatik sistemin baş-boyun bölgesindeki önemli pleksuslarından biridir. Bu yapı, *nervus caroticus internus*'un daha kalın olan lateral dalı tarafından, *arteria carotis interna*'nın dış yüzeyi boyunca ve *canalis caroticus* içerisinde oluşturulur. Söz konusu pleksus, özellikle kranial yapıların sempatik innervasyonunda önemli bir geçiş noktasıdır (5).

Plexus caroticus internus'tan çıkan sinir dalları aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

N. trigeminus'a birleştirici dal: Bu dal, *nervus trigeminus* ile bağlantı kurarak sempatik liflerin özellikle ganglion trigeminale ve duyu yolları ile entegrasyonunu sağlar.

N. abducens'e birleştirici dal: Bu dal, *nervus abducens* ile bağlantı kurarak genellikle göz küresi hareketleriyle ilişkili sempatik etkileşimlerde rol oynar.

Nervus petrosus profundus: Baş-boyun bölgesindeki sempatik sistemin önemli bir bileşenidir ve *plexus caroticus internus*'tan kaynaklanır. Bu sinir, kafa içindeki sempatik liflerin kranium dışına çıkışını sağlayan ana yollardan biridir. Seyri sırasında *nervus facialis*'in bir dalı olan *nervus petrosus major* ile birleşerek *nervus canalis pterygoidei*'yi (Vidius siniri) oluşturur. *Nervus canalis pterygoidei*, kafa tabanında bulunan *canalis pterygoideus* içerisinde ilerleyerek *ganglion pterygopalatinum'a* ulaşır. Ancak, *n. petrosus profundus* yalnızca sempatik lifler içerirken, *n. petrosus major* parasempatik lifler taşır. Bu nedenle, *n. canalis pterygoidei* içerisinde hem sempatik hem de parasempatik lifler birlikte seyreder. Sinir lifleri *ganglion pterygopalatinum* ile bağlantı kurarak başta gözyaşı bezi, burun mukozası ve damak bezleri gibi yapılar üzerinde otonom kontrol sağlar.

Nervi caroticotympanici (superius ve inferius): Bu dallar, sempatik liflerin orta kulak boşluğu ile ilişkili olan *plexus tympanicus'a* katılmasını sağlar. Özellikle kulaktaki damar yapıları ve mukozal bezler üzerinde düzenleyici görev üstlenirler (5, 7).

Plexus cavernosus, nervus caroticus internus'un medial dalı tarafından oluşturulan ve *sinus cavernosus* içerisinde yer alan önemli bir sempatik pleksustur. Bu yapı, kafatası içindeki vasküler ve kraniyal yapılara sempatik innervasyon sağlayan merkezi bir sinir ağıdır. *Plexus caroticus internus'un* medial dalının *sinus cavernosus*

bölgesine uzanmasıyla şekillenen bu pleksus, özellikle kraniyal sinirlerle olan bağlantıları sayesinde fonksiyonel açıdan büyük önem taşır

Plexus cavernosus'tan ayrılan başlıca sempatik dallar şunlardır:

Nervus oculomotorius'a bir dal: Göz küresi kaslarının dolaylı sempatik modülasyonunu sağlar.

Nervus trochlearis'e bir dal: Üst oblik kas üzerinde etkili olmasa da bu sinirle anatomik bağlantı kurar.

Nervus ophthalmicus'a bir dal: Sempatik lifler, bu dal aracılığıyla üst göz kapağı, alın derisi ve burun sırtına ulaşır.

Musculus dilatator pupillae'ye ulaşan dal: Bu yol, *nervus ophthalmicus* → *nervus nasociliaris* → *nn. ciliares longi* üzerinden ilerleyerek pupilla dilatasyonunu sağlar.

Ganglion ciliare'ye bir dal: Ganglion ciliare'ye ulaşan bu sempatik lifler, buradan çıkan kısa silyar sinirler aracılığıyla göz içi yapılara ulaşır.

Hypophysis cerebri'ye giden dal: Hipofiz bezine giden bu ince sempatik dallar, vasküler düzenleme ve hormonal salınım üzerinde dolaylı etki gösterir (2, 3, 5).

2- Pars cervicalis trunci sympathici

Truncus sympathicus'un servikal bölümü, boyun düzeyinde yer alan ve baş-boyun yapılarının sempatik innervasyonunu sağlayan anatomik bir bileşendir. Bu bölümde, tüm servikal spinal sinirlere katılan *rami communicantes grisei* bulunur. Ancak, torakal bölgede görülen *rami communicantes albi*, servikal segmentte mevcut değildir (3, 14). Bunun nedeni, servikal spinal segmentlerde sempatik nöronların doğrudan çıkış yapmamasıdır; preganglionik sempatik lifler, torakal düzeyde başlayıp yukarıya doğru taşınır. *Pars*

cervicalis trunci sympathici, üç adet paravertebral ganglion içerir (5, 6, 7).

Ganglion cervicale superius (C1–C4 düzeyinde): Servikal sempatik zincirin en üstte yer alan ve en büyük ganglionudur. Yaklaşık 2–3 cm uzunluğundadır ve os hyoideum hizasında, arteria carotis interna'nın arkasında bulunur. Bu ganglion, baş bölgesine giden birçok sempatik lifin postganglionik nöronlarını içerir. Özellikle *nervus caroticus internus* burada başlar ve *plexus caroticus internus* aracılığıyla beyin damarları, göz, göz kapağı, pupilla, tükürük bezleri ve baş derisine sempatik innervasyon sağlar. Aynı zamanda glomus caroticum'a da dallar verir (5, 7).

Ganglion cervicale superius, baş-boyun bölgesine yayılan çok sayıda postganglionik sempatik lifin çıktığı önemli bir merkezdir. Bu gangliondan çıkan başlıca dallar şunlardır:

Nervus caroticus internus: Ganglionun en önemli ve kalın dallarından biridir. *Arteria carotis interna* boyunca yukarı yönelerek *plexus caroticus internus*'u oluşturur. Bu pleksus aracılığıyla beyin damarları, göz yapıları (özellikle *musculus dilatator pupillae*) ve baş derisinin bazı bölgelerine sempatik innervasyon sağlar.

Kranial sinirlerle bağlantı dalları; *Nervus glossopharyngeus*, *nervus vagus*, *nervus hypoglossus* ile sempatik bağlantılar kurarak, başta farinks, larenks ve dil çevresi olmak üzere çeşitli hedef organlara otonomik bilgi iletimini destekler.

Servikal spinal sinirlere giden rami communicantes grisei: Özellikle C2 ve C4 düzeyindeki servikal spinal sinirlere postganglionik lifler gönderir. Bu dallar aracılığıyla boyun derisi, kaslar ve damarlara sempatik innervasyon sağlanır.

Rami laryngopharyngeales: Bu lifler *n. glossopharyngeus* ve *n. vagus* ile birleşerek *plexus pharyngeus*'u oluşturur. Bu pleksus farinks kaslarının sempatik kontrolünde rol oynar.

Nervi carotici externi: *Arteria carotis externa* çevresinde ilerleyen bu dallar, yüz ve dış baş bölgesindeki damar yapılarına sempatik lifler gönderir. Bu sistem *plexus caroticus externus*'u oluşturur.

Nervus cardiacus cervicalis superior: Bu dal toraksa doğru ilerleyerek kalbin sempatik innervasyonuna katkıda bulunur. Özellikle *plexus cardiacus*'un üst bileşenlerine katılır ve kalp hızı ile kontraktilesini modüle eder (5, 7).

Ganglion cervicale medianum (C5–C6 düzeyinde): Servikal sempatik zincirin ortasında, genellikle beşinci ve altıncı servikal vertebra hizasında yer alan, daha küçük boyutlu bir paravertebral gangliondur. Anatomik varyasyonlara bağlı olarak bazen küçük ya da çift yapıli olabilir. Fonksiyonel olarak *ganglion cervicale superius* ile *ganglion cervicale inferius* arasında bir geçiş bölgesi işlevi görür. Bu gangliondan çıkan postganglionik sempatik lifler şu yapılara ulaşır:

Rami communicantes grisei aracılığıyla C5 ve C6 spinal sinirlerine katılarak boyun ve omuz bölgesindeki yapılar üzerinde sempatik kontrol sağlar.

Tiroid ve paratiroid bezleri: Gangliondan çıkan visseral dallar, endokrin sistemle ilişkili bu yapılara sempatik innervasyon sağlar ve vasküler tonus ile hormonal salınım üzerinde dolaylı etki gösterir.

Özofagus ve trakea: Solunum ve sindirim yollarının servikal bölümlerine ulaşan lifler, mukoza bezleri ve düz kaslar üzerinde otonom düzenleme gerçekleştirir.

Plexus cardiacus'a dallar: Özellikle alt servikal ve üst torakal düzeyde bulunan kardiyak pleksusa postganglionik lifler göndererek kalp ritmi ve kasılma gücünün sempatik modülasyonuna katkı sağlar.

Nervus cardiacus cervicalis medius: Bu ganglionun en önemli dallarından biri olan *nervus cardiacus cervicalis medius*, boyun düzeyinden çıkan en büyük sempatik kardiyak sinirdir. Toraks içine uzanarak *plexus cardiacus*'un orta ve alt bileşenlerine katılır. Bu yol, kalbin sempatik innervasyonunda büyük bir paya sahiptir ve kalp hızını, kontraktileti ve iletim hızını etkiler (5, 7, 9).

Ganglion cervicale inferius (C7–C8 düzeyinde): Servikal sempatik zincirin en alt bölümünde, genellikle yedinci ve sekizinci servikal spinal sinirlerin hizasında yer alan paravertebral bir gangliondur. Bu yapı, sıklıkla bir alt torakal ganglion olan T1 paravertebral ganglionu ile birleşerek, anatomik literatürde *ganglion cervicothoracicum* ya da daha yaygın adıyla *Stellat ganglion* (yıldız biçimli ganglion) olarak tanımlanır.

Fonksiyonel olarak hem servikal hem de üst torakal bölgelere sempatik innervasyon sağlayan bu gangliondan şu önemli yapılar ayrılır:

Rami communicantes grisei: Bu miyelinsiz postganglionik lifler, C7, C8 ve T1 spinal sinirlerine katılır. Bu sinirler aracılığıyla boyun, üst ekstremiteler ve üst torakal bölgedeki derin ve yüzeysel yapıların sempatik kontrolü sağlanır.

Nervus vertebralis'e dallar: Gangliondan çıkan bazı lifler, *arteria vertebralis* çevresinde ilerleyerek *plexus vertebralis*'i oluşturur. Bu yapı, başta beyin sapı ve serebelluma giden kan damarlarının sempatik düzenlenmesinde rol oynar.

Nervus cardiacus cervicalis inferius: Bu sinir, *plexus cardiacus*'un özellikle alt bileşenlerine katılır ve kalbin sempatik innervasyonuna önemli katkı sağlar. Bu lifler kalp hızı, kasılma gücü ve iletim hızının düzenlenmesinde görev alır.

Ganglion stellatum, özellikle anestezi ve otonomik disfonksiyonların tedavisinde klinik olarak önemlidir. *Stellat*

ganglion blokajı, sempatik hiperaktiviteye bağlı ağrılı sendromlarda (örneğin kompleks bölgesel ağrı sendromu) yaygın biçimde uygulanmaktadır (5, 7, 9).

3- Pars thoracalis trunci sympathici

Truncus sympathicus'un torakal parçası, omurganın torakal (T1–T12) seviyelerinde uzanan ve otonomik sistemin önemli bir bölümünü oluşturan sempatik sinir zinciridir. Yapısal olarak her bir torakal spinal sinir segmentine karşılık bir paravertebral ganglion bulunur. Ancak çoğu bireyde birinci torakal ganglion (T1), *ganglion cervicale inferius* ile birleşerek ganglion stellatum (ganglion cervicothoracicum) adını alır. Bu birleşme sonucunda genellikle 11 adet torakal paravertebral ganglion bulunur (2, 3, 5).

Torakal ganglionlar, aşağıdaki önemli yapılarla ilişkilidir:

Rami communicantes grisei: Her bir torakal gangliondan çıkan miyelinsiz postganglionik lifler, ilgili torakal spinal sinirlere katılır. Bu lifler, toraks duvarı, interkostal kaslar, ter bezleri ve damar yapıları gibi hedef dokulara sempatik uyarı iletir.

Rami cardiaci thoracici: Torakal ganglionlardan çıkan bu dallar, *plexus cardiacus*'a katılarak kalbin sempatik innervasyonuna katkıda bulunur. Özellikle alt torakal segmentlerden kaynaklanan lifler, kalp hızını ve kasılma gücünü artırıcı etkiye sahiptir.

Rami pulmonales: Bu dallar *plexus pulmonalis*'e katılarak bronş düz kasları, akciğer damarları ve mukozal bezler üzerinde sempatik etki sağlar. Solunum yollarının bronkodilatasyonu bu yollar aracılığıyla düzenlenir.

Rami oesophageales: Özofagusun torakal bölümüne ulaşan bu dallar, düz kaslar ve submukozal bezler üzerinde sempatik kontrol sağlar. Bu innervasyon, yutma sırasında özofageal peristaltizmin modülasyonunda görev alır (5, 7, 9).

Nervi splanchnici thoracici: Alt yedi torakal gangliyon dan çıkan preganglionik miyelinli lifler, sinaps yapmaksızın truncus sympathicus'u terk ederek *nervus splanchnicus major (T5–T9)*, *nervus splanchnicus minor (T10–T11)* ve bazen *nervus splanchnicus imus (T12)* olarak adlandırılan visseral sinirleri oluşturur (2, 3, 5, 9).

Nervus splanchnicus major: *Nervus splanchnicus major*, truncus sympathicus'un torakal parçasında yer alan T5–T9 paravertebral ganglionlarından çıkan miyelinli preganglionik sempatik lifler tarafından oluşturulur. Sinir liflerinin büyük bir kısmı, ganglion coeliacum (çölyak ganglion) olarak adlandırılan prevertebral ganglion kompleksinde postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Bu sinaps sonrası oluşan postganglionik lifler; mide, karaciğer, dalak, pankreas ve böbrek üstü bezleri gibi üst abdominal organlara sempatik innervasyon sağlar. Buna ek olarak, *n. splanchnicus major*'un bazı lifleri sinaps yapmaksızın doğrudan adrenal medullaya (glandula suprarenalis medulla) ulaşır. Bu bölgede, sinaps modifiye edilmiş postganglionik nöronlar olarak kabul edilen kromaffin hücrelerle gerçekleştirilir. Kromaffin hücreler sinaptik uyarı sonucu katekolamin (adrenalin ve noradrenalin) salgılar. Bu nedenle adrenal medulla, merkezi sempatik sistemin doğrudan uyardığı tek endokrin yapı olma özelliği taşır.

N. splanchnicus minor: T9 -T10 (bazen T10-T11) paravertebral ganglionlardan sinaps yapmadan geçen merkezi sempatik lifler tarafından oluşturulur. Diyafragmanın kruslarından geçip, ganglion coeliacum'a gelir.

N. splanchnicus imus: T12 paravertebral gangliyon dan sinaps yapmadan geçen merkezi sempatik liflerce oluşturulur. Ganglion aorticorenale'ye gelir (5, 6, 7, 9),

4- Pars lumbalis (abdominalis) trunci sympathici

Truncus sympathicus'un lumbal bölümü, bel omurlarının her iki yanında yer alan paravertebral ganglionlardan oluşur. Genellikle her tarafta dört adet lumbal ganglion bulunur. Lumbal paravertebral ganglionlar, torakal bölgedekilere benzer şekilde rami communicantes grisei aracılığıyla tüm lumbal spinal sinirlerle bağlantı kurar. Bu miyelinsiz postganglionik lifler, alt ekstremiteler, pelvis ve abdominal duvarın sempatik innervasyonuna katkıda bulunur. Buna karşılık, rami communicantes albus yalnızca L1 ve L2 spinal segmentlerinden çıkar ve sempatik zincirdeki karşılık gelen paravertebral ganglionlara preganglionik miyelinli lifler taşır. Bu bölgeden ayrıca nervi splanchnici lumbales adı verilen visseral dallar çıkar. Bu sinirler sinaps yapmaksızın truncus sympathicus'u terk ederek prevertebral ganglionlara (özellikle *ganglion mesentericum inferior* gibi) yönelir ve burada postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Bu sinirler, alt abdominal ve pelvik organların sempatik kontrolünde görev alır (2, 3, 5).

5- Pars sacralis (pelvici) trunci sympathici

Truncus sympathicus'un pelvik parçası, sempatik zincirin sakral bölgedeki devamı olup, tipik olarak her iki tarafta dört ya da beş adet paravertebral ganglion içerir. Bu ganglionlar sakrumun ön yüzünde, anterior sakral foramina yakınında yer alır ve pelvis içi organların otonomik düzenlenmesinde görev alan önemli yapılardır. Bu bölgede, ramus communicans albus bulunmaz, çünkü preganglionik sempatik lifler bu seviyeye doğrudan spinal sinirlerden gelmez. Bunun yerine, üst seviyelerdeki (L1–L2) segmentlerden çıkan lifler aşağıya doğru uzanır. Ancak her bir sakral ve koksigeal spinal sinirle bağlantı kuran rami communicantes grisei mevcuttur. Bu miyelinsiz postganglionik lifler, pelvik duvar ve perineal yapıların sempatik innervasyonunu sağlar. Ayrıca bu bölgeden çıkan önemli dallardan biri sakral splanchnik sinirlerdir

(nervi splanchnici sacrales). Bu sinirler, ganglionlardan sinaps yaparak veya yapmadan çıkarak pelvis içi otonom pleksuslara (özellikle *plexus hypogastricus inferior*) katılır. Sakral splanknik sinirler, sempatik sistemin pelvik organlar üzerindeki (mesane, uterus, rektum) vazomotor ve visseromotor etkilerini gerçekleştirmede görev alır (5, 7).

Bazı Organ ve Yapıların Segmental Sempatik İnnervasyonları

Organ / Yapı	Medulla Spinalis Segmenti
Baş ve boyun	T1–T5
Üst ekstremité	T2–T5
Alt ekstremité	T10–L2
Kalp	T1–T5
Akciğerler	T2–T4
Mide	T6–T10
İnce bağırsaklar	T9–T10
Kalın bağırsaklar (flexura coli sinistraya kadar)	T11–L1
Kalın bağırsaklar (flexura coli sinistradan sonra)	L1–L2
Karaciğer	T7–T9
Dalak	T6–T10
Pankreas	T6–T10
Böbrek	T10–L1
Testis / Ovaryum	T10–T11
Mesane	T12–L2
Uterus	T12–L1
Tuba uterina	T10–L1

(5).

Organların Sempatik ve Parasempatik Etkileri

	Sempatik Etki	Parasempatik Etki
Kalp	Kasılma gücünde artma	Kasılma gücünde azalma
Koroner damarlar	Vazodilatasyon	Vazokonstriksiyon
İskelet kası damarları	Vazodilatasyon	-
Deri damarları	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Organ damarları	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Burun mukozası damarları	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Beyin damarları	Vazodilatasyon	-
Böbrek damarları	Vazokonstriksiyon	-
Pupilla	Midriazis (genişleme)	Miyozis (daralma)
M. ciliaris	Gevşeme	Kasılma
Gl. lacrimalis	Sekresyonda azalma	Sekresyonda artma
M. arrector pili	Kasılma	-
Ter bezleri	Bölgesel terleme	Genel terleme
Trachea, bronchi	Genişleme	Daralma
Glandulae bronchiales	Sekresyonda azalma	Sekresyonda artma
Gl. suprarenalis (medulla)	Epinephrin ve norepinephrin salgısı	-
Peristaltik hareketler	Azalma	Artma
Sfinkterler	Kontraksiyon	Gevşeme
Sindirim bezleri	Sekresyonda azalma (müköz salgı)	Sekresyonda artma (seröz salgı)
Karaciğer	Glikojenoliz, glukoneogenez	-
Safra kesesi ve yolları	Gevşeme	Kontraksiyon
Böbrekler	Vazokonstriksiyon	-
M. detrusor	Gevşeme	Kasılma
M. sphincter urethrae	Kasılma	Gevşeme
Üreme organları - Erkek	Ejakülasyon	Ereksiyon
Üreme organları - Kadın	Uterusta kasılma	Gevşeme

(7)

Kaynakça

- 1- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the brain* (4th ed.). Wolters Kluwer
- 2- Snell, R. S. (2019). *Snell's clinical neuroanatomy* (8th ed.). Wolters Kluwer.
- 3- Standring, S. (Ed.). (2021). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (42nd ed.). Elsevier.
- 4- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2020). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Philadelphia, PA: Elsevier.
- 5- Arıncı, K. (2006). *Anatomi Cilt 2: Dolaşım sistemi, periferik sinir sistemi, merkezi sinir sistemi, duyu organları*. Ankara: Güneş Kitabevi.
- 6- Arifoğlu, Y. (2021). *Her yönüyle anatomi* (3. baskı). İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi.
- 7- Taner, D., Atasever, A., & Durgun, B. (2008). *Fonksiyonel nöroanatomi*. Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık.
- 8- Kwon, J. Y., & Kim, H. J. (2015). Anatomical considerations of the ganglion impar in clinical interventions: A literature review. *Pain Physician*, 18(5), E769–E775.
- 9- Anatomi OHO. (2005). *Anatomi*. Ankara: Klinisyen Tıp Kitabevi.
- 10- Kawashima, T. (2005). The autonomic nervous system in the human body: An anatomical guide for the visualization of autonomic nerves during surgery. *Kaibogaku Zasshi (Anatomical Science International)*, 80(3),
- 11- Liang, H., Bubb, K. J., & Sandow, S. L. (2011). Structure and function of the sympathetic nervous system in the vasculature. *Current Hypertension Reports*, 13(3), 197–203
- 12- Tubbs, R. S., Salter, E. G., Oakes, W. J. (2011). Anatomy and function of the sympathetic nervous system. In R. Tubbs, M.

Shoja, & M. Loukas (Eds.), *Bergman's comprehensive encyclopedia of human anatomic variation* (pp. 497–502). Wiley-Blackwell.

13- Tatu, L., Vuillier, F., Bogorin, I., & Moulin, T. (2012). Arterial territories of the human brain: The internal carotid system. *Stroke*, 43(6), 1719–1725

14- Choi, D., Na, J. H., Park, D. S., & Lee, J. Y. (2019). Surgical anatomy of the cervical sympathetic trunk and ganglia: A review. *Journal of Craniofacial Surgery*, 30(2), 474–478.

BÖLÜM 2

PARASEMPATİK SİNİR SİSTEMİ ANATOMİSİ

AHMET TURAN URHAN¹

Giriş

Parasempatik sinir sistemi, çıkış merkezleri hem beyin sapında (*pars cranialis*) hem de medulla spinalis'in sakral segmentlerinde (*pars sacralis*) yer alan bir otonom sistem bileşenidir. Bu nedenle genellikle kraniosakral sistem olarak da adlandırılır (1, 2). Sakral segmentlerden çıkan parasempatik liflerin pelvik organlarla ilişkili olması nedeniyle bu bölgeye aynı zamanda *pars pelvica* da denilmektedir (3).

Beyin sapı kaynaklı parasempatik impulslar; bulbus, pons ve mezensefalon düzeyindeki merkezlerden çıkarak bazı kranial sinirler aracılığıyla taşınır. Sakral segmentlerde ise S2, S3 ve S4 seviyelerinden çıkan parasempatik impulslar, pelvisteki visseral organlara yönelir. Preganglionik parasempatik lifler, hedef organların yakınında veya doğrudan içinde bulunan parasempatik ganglionlarda bulunan postganglionik nöronlarla sinaps yapar (4-5).

¹ Öğr. Gör. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Artova Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Tokat/Türkiye, ORCID: 0000-0002-1178-2998 ahmetturan.urhan@gop.edu.tr

Parasempatik sistemin etkisi genellikle lokalize ve özgül yanıtlarla sınırlıdır; sempatik sistemde olduğu gibi kitlesel bir uyarım mekanizması söz konusu değildir (6, 7). Bu nedenle etkileri daha hedefe yönelik ve sınırlı düzeydedir (8).

Parasempatik sinir sisteminin santral bölümü, sistemin çıkış merkezleri ve buradan çıkan preganglionik liflerden oluşur. Periferik bölümü ise parasempatik ganglionlar, postganglionik efferent lifler ve hedef organlardan merkezi yapılara yönelen afferent parasempatik yolları içerir. Böylece sistem, visseral organlarla merkezi sinir sistemi arasında çift yönlü bir otonom düzenleme sağlar (9, 10).

A)Parasempatik Sistemin Kranial Bölümü (Pars Cranialis Systema Parasymphici)

Parasempatik sinir sisteminin kranial bölümü, beyin sapı kaynaklı preganglionik lifleri içeren ve baş-boyun bölgesindeki organların otonomik innervasyonundan sorumlu olan sistem parçasıdır. Bu sistemin çıkış merkezleri mezensefalon (mesencephalon), pons ve bulbus medulla oblongata'da yer alır. Bu merkezlerden çıkan preganglionik parasempatik lifler, ilgili kranial sinirlerin (kafa çiftlerinin) içinde seyrederek. Lifler, hedef organlara yakın konumda veya organ duvarında bulunan parasempatik ganglionlara ulaşarak burada ikinci nöron (postganglionik nöron) ile sinaps yapar. Gangliondan çıkan postganglionik lifler ise doğrudan hedef organa giderek fizyolojik yanıtı oluşturur (9, 10).

Kranial parasempatik çıkış merkezleri şunlardır:

Mezensefalon düzeyinde: *Nervus oculomotorius*'a ait olan nucleus oculomotorius accessorius (Edinger-Westphal çekirdeği), göz içi kaslarının (özellikle *m. sphincter pupillae* ve *m. ciliaris*) parasempatik innervasyonunu sağlar.

Pons düzeyinde: *Nervus facialis*'in parasempatik lifleri nucleus salivatorius superior ve nucleus lacrimalis'ten kaynaklanır. Bu lifler *glandula lacrimalis*, *glandula submandibularis* ve *glandula sublingualis* gibi bezlere yönelir.

Bulbus (medulla oblongata) düzeyinde: *Nervus glossopharyngeus*'a ait nucleus salivatorius inferior, *glandula parotis*'in sekresyonunu düzenler. *Nervus vagus*'un parasempatik merkezi olan nucleus dorsalis nervi vagi, torakal ve abdominal iç organlara (kalp, akciğer, mide, bağırsaklar vb.) giden geniş bir parasempatik innervasyon sağlar (9-11).

Parasempatik Ganglionlar ve Postganglionik Liflerin Dağılımı

Ganglion Ciliare

Ganglion ciliare, parasempatik sinir sisteminin baş-boyun bölgesindeki önemli bir kraniyal ganglionudur. Bu ganglion, özellikle göz içi düz kasların parasempatik innervasyonundan sorumludur.

Nervus oculomotorius (III. kraniyal sinir) içinde mezensefalon düzeyinde yer alan nucleus oculomotorius accessorius (Edinger-Westphal çekirdeği) kaynaklı preganglionik parasempatik lifler, orbitada bulunan *ganglion ciliare*'ye ulaşır. Bu ganglionda postganglionik nöronlarla sinaps yapılır. Sinaps sonrası oluşan postganglionik lifler (II. nöron), *nervi ciliares breves* aracılığıyla göz küresi içinde yer alan düz kaslara yönelir (9-11).

Bu lifler iki ana hedefe ulaşır:

- ***Musculus sphincter pupillae*:** Pupilla çapının daralmasını (miyozis) sağlar.

- ***Musculus ciliaris***: Lensin kavisini artırarak yakın görmeye uyumu kolaylaştırır (akomodasyon refleksi) (9-12).

Mesencephalon → *Nucleus oculomotorius accessorius* (Edinger-Westphal çekirdeği) → *Nervus oculomotorius* (preganglionik lifler) → *Ganglion ciliare* → *Nervi ciliares breves* (postganglionik lifler) → *Musculus sphincter pupillae* ve *musculus ciliaris*

Bu yol sayesinde, ışık refleksi ve akomodasyon refleksi gibi otonomik görsel yanıtlar düzenlenir (9- 12).

Ganglion Pterygopalatinum

Ganglion pterygopalatinum, baş-boyun bölgesindeki en büyük parasempatik ganglion olup, gözyaşı bezi (glandula lacrimalis), burun mukozası, damak, nazofarinks ve üst farinks gibi yapıların parasempatik innervasyonunda görev alır (13).

Bu gangliona parasempatik lifler pons düzeyinde bulunan nucleus lacrimalis'ten başlar. Buradan çıkan preganglionik parasempatik lifler, öncelikle *nervus facialis*'in bir dalı olan *nervus intermedius* üzerinden taşınır. Daha sonra bu lifler *nervus petrosus major* içinde ilerleyerek *canalis pterygoideus* üzerinden fossa pterygopalatina'ya ulaşır ve burada bulunan ganglion pterygopalatinum'da postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Sinaps sonrası oluşan postganglionik lifler, önce *nervus maxillaris*'e ve onun dalları olan *nervi pterygopalatini*, *nervus zygomaticus*, *nervus zygomaticotemporalis* üzerinden taşınır. Bu lifler, *nervus lacrimalis* üzerinden glandula lacrimalis'e ulaşarak bezin parasempatik (sekretomotor) innervasyonunu sağlar.

Nervus intermedius (preganglionik lifler) → *Nervus petrosus major* → *Canalis pterygoideus* → *Ganglion*

pterygopalatinum (sinaps - II. nöron) → Nervus maxillaris → N. zygomaticus → N. zygomaticotemporalis → N. lacrimalis → Glandula lacrimalis (9- 11).

Ganglion Submandibulare

Ganglion submandibulare, ağız tabanında, *glandula submandibularis*'in üstünde yer alan küçük bir parasempatik gangliondur. Başlıca görevi, tükürük bezlerinin sekresyonunun parasempatik düzenlenmesidir. Bu gangliona gelen preganglionik parasempatik lifler, *pons* düzeyindeki *nucleus salivatorius superior*'dan kaynaklanır ve *nervus facialis* içinde taşınır. Bu lifler, ilk olarak *chorda tympani* aracılığıyla orta kulaktan geçer ve ardından *nervus lingualis (nervus mandibularis*'in dalı) ile birleşerek dil altı bölgesinde bulunan ganglion submandibulare'ye ulaşır. Bu noktada lifler, ganglion hücreleri ile sinaps yapar. Postganglionik parasempatik lifler (II. nöron), doğrudan *glandula submandibularis*, *glandula sublingualis* bezlerine ulaşarak bu yapıların sekretomotor kontrolünü sağlar. Böylece tükürük üretimi artırılır ve ağız mukozasının nem dengesi düzenlenir.

Nucleus salivatorius superior → Nervus facialis (preganglionik lifler) → Chorda tympani → Nervus lingualis (n. mandibularis aracılığıyla) → Ganglion submandibulare (sinaps - II. nöron) → Glandula submandibularis ve glandula sublingualis (9- 12).

Ganglion Oticum

Ganglion oticum, baş-boyun bölgesindeki derin parasempatik ganglionlardan biridir ve özellikle *glandula parotis*'in parasempatik innervasyonundan sorumludur. Bu ganglion, *fossa infratemporalis* içerisinde, *foramen ovale*'nin hemen altında konumlanır. Preganglionik parasempatik lifler, *bulbus medullae oblongatae*'de yer alan *nucleus salivatorius*

inferior'dan kaynaklanır ve *nervus glossopharyngeus* (IX. kraniyal sinir) aracılığıyla taşınır. Bu lifler sırasıyla: *nervus tympanicus* olarak orta kulak boşluğuna girer, ardından *nervus petrosus minor* adını alarak orta kafatası tabanından geçip, *fossa infratemporalis*'te bulunan *ganglion oticum*'a ulaşır. Burada preganglionik lifler, postganglionik nöronlarla sinaps yapar (II. nöron). Postganglionik parasempatik lifler, *nervus auriculotemporalis* (n. *mandibularis*'in dalı) ile birlikte taşınarak başlıca *glandula parotis*'e ulaşır ve bu büyük tükürük bezinin sekretomotor uyarımını sağlar. Ayrıca bazı postganglionik lifler, dil ve ağız mukozasına ait küçük bezler üzerinde de etkili olur; böylece ağız içi nemliliği ve tat fonksiyonuna katkı sağlanır (9-11).

Nucleus salivatorius inferior → *Nervus glossopharyngeus* → *Nervus tympanicus* → *Nervus petrosus minor* → *Ganglion oticum* (sinaps - II. nöron) → *Nervus auriculotemporalis* (n. *mandibularis* aracılığıyla) → *Glandula parotis* ve ağız içi mukozal bezler

Bazı Organların Parasempatik İnnervasyonu

Kalbin Parasempatik İnnervasyonu

Kalbin parasempatik innervasyon, büyük oranda *nervus vagus* (X. kraniyal sinir) aracılığıyla sağlanır. *Vagus* sinirinden çıkan *rami cardiaci superiores*, *rami cardiaci inferiores* ve *rami cardiaci thoracici* adlı dallar, toraks içine uzanarak *plexus cardiacus*'a katılır. Bu pleksus, hem sempatik hem de parasempatik liflerin birlikte bulunduğu bir sinir ağıdır. Parasempatik sistemin preganglionik lifleri, pleksustan çıktıktan sonra kalp damarları çevresinde ilerleyerek kalp duvarı ve özellikle *septum interatriale* içerisinde yer alan küçük parasempatik ganglionlarda postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Bu sinapslardan çıkan postganglionik parasempatik lifler

(II. nöron), doğrudan: nodus sinoatrialis (SA nodu), nodus atrioventricularis (AV nodu) ve his demeti kolları (crus dextrum ve sinistrum) üzerinde sonlanarak kalbin atım hızını (negatif kronotropik etki) ve kasılma gücünü (negatif inotropik etki) azaltıcı yönde etki gösterir. Ayrıca vagal innervasyon, atriyumlar üzerinde daha yoğunken ventriküllerde daha sınırlıdır (3-11).

Akciğerlerin Parasempatik İnnervasyonu

Akciğerler, otonom sinir sistemi tarafından hem sempatik hem de parasempatik yollarla innerve edilir. Parasempatik innervasyon, büyük oranda nervus vagus (X. kraniyal sinir) üzerinden sağlanır. Bu innervasyon, solunum sisteminin motor kontrolü, sekresyon düzenlemesi ve refleks aktivitesinde önemli rol oynar (14, 15).

Nervus vagus'tan çıkan preganglionik parasempatik lifler, toraks boşluğuna girdikten sonra ön ve arka dallara ayrılır. Bu dallardan çıkan rami bronchiales, plexus pulmonalis'i oluşturan sinir ağlarına katılır. Lifler bu pleksus aracılığıyla bronşların etrafında bulunan intrapulmoner parasempatik ganglionlara ulaşır ve burada postganglionik nöronlarla sinaps yapar. Sinaps sonrası başlayan postganglionik parasempatik lifler (II. nöron), şu hedef yapılar üzerinde etkili olur:

- Bronş düz kasları → kasılarak bronkokonstriksiyon oluşturur (bronş çapı daralır),
- Mukozal bezler → sekresyonu artırır (3, 11).

Sindirim Sisteminin Parasempatik İnnervasyonu

Sindirim sisteminin otonomik kontrolü büyük ölçüde parasempatik sinir sistemi tarafından sağlanır. Bu sistemdeki parasempatik lifler iki temel kaynaktan gelir. Nervus vagus (X. kraniyal sinir)'den gelen lifler özellikle özofagus, mide, pankreas

ve transvers kolonun ortasına kadar olan gastrointestinal yapıların innervasyonundan sorumludur. Sakral parasempatik lifler (S2–S4) ise distal kolon, rektum ve anal kanal gibi yapıların innervasyonunu sağlar (3, 11).

Bu parasempatik lifler, sindirim kanalının duvarı içinde bulunan enterik sinir sistemini (plexus entericus) oluşturur. Bu sistem plexus subserosus, plexus submucosus ve plexus üç ana pleksustan oluşur. Plexus subserosus (en yüzeysel tabakadır. Plexus submucosus (Meissner pleksusu), mukozal bezlerin düzenlenmesinde görev alır. Plexus myentericus (Auerbach pleksusu), peristaltik hareketlerin koordinasyonunda rol oynar.

Özellikle Meissner ve Auerbach pleksusları içerisinde bulunan ganglion hücrelerinden çıkan postganglionik parasempatik lifler, sindirim kanalının düz kasları ve glandüler bezlerine yönelerek motilite ve sekresyonu artırıcı etki gösterir (3, 9, 11).

Bölgesel Parasempatik Dağılım Örnekleri

Özofagusun üst kısmı: Preganglionik parasempatik lifler, nervus laryngeus recurrens ve plexus oesophageus üzerinden taşınır. Lifler, özofagus duvarında yer alan enterik ganglionlarda sinaps yapar.

Mide: Midenin parasempatik innervasyonu, vagus sinirinin iki ana dalından sağlanır. Sol nervus vagus, mide ön yüzüne 4 dal verir. Ayrıca karaciğere giden bir dal aracılığıyla pylorus ve duodenum'un bir kısmını da innerve eder. Sağ nervus vagus, midenin arka yüzüne 6 dal gönderir. Bu dallar aracılığıyla mide sekresyonu ve motilitesi düzenlenir.

İnce barsaklar, colon ascendens, colon transversum, appendix vermiformis: Plexus coeliacus aracılığı ile sağ

vagus'tan innerve olur. Bu sinirler a. mesenterica superior'un dalları ile organlara giderler.

Safra kesesi: N. vagus ve plexus coeliacus aracılığı ile aldığı preganglionik parasempatik lifler, lig. hepatoduodenale içerisinde safra kesesi ve safra yollarına ulaşır. Safra kesesi civarında ve safra yolları çevresinde bulunan ganglionlarda sinaps yaparlar. Postganglionik lifleri ise bu organların duvarlarındaki düz kaslara ve kontraksiyon ve mukozalarındaki bezlere sekresyon yaptırır.

Pankreas'ın parasempatik innervasyonu: Pankreas, hem ekzokrin hem de endokrin fonksiyonları olan çift yapı bir organdır ve bu işlevlerinin düzenlenmesinde parasempatik sinir sistemi önemli rol oynar. Parasempatik innervasyonu her iki nervus vagus (sağ ve sol) üzerinden sağlanır (3, 9, 11). Preganglionik parasempatik lifler, her iki vagus sinirinden çıkarak plexus coeliacus aracılığıyla pankreas çevresine yönelir. Bu lifler genellikle pankreası besleyen arteria pancreaticoduodenalis ve arteria splenica gibi damarların çevresini takip ederek organa ulaşır.

Bu yol boyunca lifler, pankreas çevresindeki küçük parasempatik ganglionlarda sinaps yapar ve ardından çıkan postganglionik lifler, pankreasın iki ana bölümünde etkili olur:

Ekzokrin pankreas (asiner hücreler): Sekretomotor etki ile pankreatik enzim salımını uyarır.

Endokrin pankreas (Langerhans adacıkları): İnsülin ve glukagon salınımını düzenleyen nöromodülatör etkiler sağlar (özellikle vagal stimülasyon, insülin salımını artırabilir) (3, 9, 11).

B) Parasempatik Sistem'in Sakral Bölümü (Pars sacralis systema parasympathici)

Sakral parasempatik sistem, otonom sinir sisteminin parasempatik bölümünün pelvik organlara yönelik visceral innervasyonunu sağlayan alt düzey bileşenidir. Bu yapı, pars pelvica systema parasympathici olarak da adlandırılır. Sakral parasempatik liflerin santral çıkış noktası, medulla spinalis'in 2. ile 4. sakral segmentleri arasında, ön ve arka boynuzların birleştiği gri cevher bölgesinde yer alır. Bu alanda bulunan nöronların oluşturduğu kolona, Columna intermediomedialis (columna parasympathica sacralis) adı verilir. Bu alandaki preganglionik parasempatik nöronlardan çıkan lifler, sakral spinal sinirler (S2–S4) ile birlikte çıkar. Spinal sinirlerden ayrılan bu lifler, otonomik sistemde nervi splanchnici pelvici (nn. erigentes) olarak adlandırılır ve pelvis boşluğuna yönelir. N. splanchnici pelvici lifleri, pelvis içerisinde yer alan plexus hypogastricus inferior (veya plexus pelvici) yapısına katılır. Buradan çıkan preganglionik parasempatik lifler üç ana yolla ilerler.

Plexus hypogastricus aracılığıyla plexus mesentericus inferior ve plexus pudendalis ile karışarak alt gastrointestinal sistemin distal bölümlerini innerve eder. *Plexus pelvici* üzerinden mesane, rektum, uterus, vajina ve erkek genital organlarının çevresine ulaşır. *Bu plexuslardan* çıkan liflerin bir bölümü doğrudan hedef organların duvarındaki intramural ganglionlarda (duvar içi ganglionlar) sinaps yapar. Sinaps sonrası başlayan postganglionik lifler, özellikle düz kaslar ve mukozal bezler üzerinde motiliteyi ve sekresyonu artırıcı etki gösterir. Ayrıca erektile dokuların vazodilatasyonu da bu sistemle kontrol edilir (3, 9, 11).

Sakral Parasempatik Sinirlerin Hedef Organlara Dağılımı ve Fonksiyonları

Sakral parasempatik sistem (S2–S4 düzeyindeki *nervi splanchnici pelvici*) tarafından taşınan lifler, pelvis ve alt abdominal organlarda çeşitli fizyolojik etkiler gösterir. Bu sistemin lifleri hedef organlara ulaştığında farklı fonksiyonel olarak motor, sekretomotor ve vazodilatator etkiler oluşturur. Sakral parasempatik sistemden çıkan preganglionik lifler, colon descendens, colon sigmoideum, rectum, mesane, glandula vesiculosa, ductus deferens, ductus ejaculatorius, uterus ve vagina duvarı kaslarına motor etki oluşturur. Prostata, cowper ve bartolini bezlerine sekretomotor etki oluşturur. Ayrıca bu organların damarlarına vazodilatator etki oluşturur (9,11).

Dalları

a) Prostat, Glandula Vesiculosa ve Mesane (Vesica Urinaria)

Bu yapılara ulaşan parasempatik lifler, aşağıdaki etkileri gösterir:

Prostat ve vesicula seminalis: Sekretomotor liflerle ejakülasyon öncesi salgı üretimini artırır.

Mesane düz kası (m. detrusor): Kas tonusunu artırarak miksiyon refleksini başlatır.

Mesane sfinkterleri: Gevşetici etki yaparak işeme sırasında idrar akışını kolaylaştırır.

b) Uterus, Vagina ve Tuba Uterina

Bu organlara ulaşan preganglionik lifler, öncelikle plexus uterovaginalis içerisindeki ganglionlarda sinaps yapar. Ardından çıkan postganglionik lifler:

Uterus duvarı: Doğum sırasında kas kontraksiyonlarını etkiler.

Tuba uterina: Ovum taşınımını kolaylaştırır.

Vajina: Vajinal lubrikasyon ve kan akımını düzenler.

c) Dış Genital Organlar (Corpus Cavernosum Penis / Clitoridis)

Eretil yapıları ulaşan parasempatik lifler, plexus hypogastricus inferior'dan gelir. Erkekten corpus cavernosum penis, kadında corpus cavernosum clitoridis üzerinde vazodilatasyon sağlar.

Bu etki, hem erkek hem kadın cinsel fonksiyonlarında fizyolojik ereksiyonun temel mekanizmasını oluşturur.

d) Colon Descendens, Colon Sigmoidum ve Rektum

Bu segmentlere yönelik parasempatik innervasyon şu yolu izler:

- Nervus hypogastricus ve plexus hypogastricus superior üzerinden
- A. mesenterica inferior'un dallarıyla birlikte seyrederek
- Duvar içi intramural ganglionlara ulaşır. Sonuçta bağırsak motilitesi ve mukozal sekresyon artırılır, defekasyon refleksi desteklenir (3, 9, 11).

Organların Sempatik ve Parasempatik Etkileri

	Sempatik Etki	Parasempatik Etki
Kalp	Kasılma gücünde artma	Kasılma gücünde azalma
Koroner damarlar	Vazodilatasyon	Vazokonstriksiyon
İskelet kası damarları	Vazodilatasyon	-
Deri damarları	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Organ damarları	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Burun mukozası damarları	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Beyin damarları	Vazodilatasyon	-
Böbrek damarları	Vazokonstriksiyon	-
Pupilla	Midriazis (genişleme)	Miyozis (daralma)
M. ciliaris	Gevşeme	Kasılma
Gl. lacrimalis	Sekresyonda azalma	Sekresyonda artma
M. arrector pili	Kasılma	-
Ter bezleri	Bölgesel terleme	Genel terleme
Trachea, bronchi	Genişleme	Daralma
Glandulae bronchiales	Sekresyonda azalma	Sekresyonda artma
Gl. suprarenalis (medulla)	Epinephrin ve norepinephrin salgısı	-
Sfinkterler	Kontraksiyon	Gevşeme
Sindirim bezleri	Sekresyonda azalma (müköz salgı)	Sekresyonda artma (seröz salgı)
Karaciğer	Glikojenoliz, glukoneogenez	-
Safra kesesi ve yolları	Gevşeme	Kontraksiyon
Böbrekler	Vazokonstriksiyon	-
M. detrusor	Gevşeme	Kasılma
M. sphincter urethrae	Kasılma	Gevşeme
Üreme organları - Erkek	Ejakülasyon	Ereksiyon
Üreme organları - Kadın	Uterusta kasılma	Gevşeme

(7)

Bazı Organların Otonom İnervasyonu

Organ	Sempatik	Parasempatik
Göz kapağı	Ggl. cervicale superior	—
İris	Ggl. cervicale superior	N. oculomotorius
Gl. submandibularis / sublingualis	Ggl. cervicale superior	N. facialis
Parotis	Ggl. cervicale superior	N. glossopharyngeus
Gl. lacrimalis	—	N. facialis
Kalp	N. cardiacus cervicalis medius, inferior	N. vagus
Akciğer	T2–T5 torakal sempatikler	N. vagus
Mide – kolon transversum sonu	N. splanchnicus major, minor (T5–T12)	N. vagus
Kolon transversum sonrası, rektum	Sempatik sistemin lumbal bölümü	Medulla spinalis S2–S4 segmentleri
M. sphincter ani internus	Plexus hypogastricus	Plexus hypogastricus
Böbrek	Torakal sempatikler	N. vagus
Sürenal bez	N. splanchnicus major	Parasempatik uyarısı yok
Mesane	Plexus hypogastricus inferior	Plexus hypogastricus inferior
Penis/Clitoris	L1–L2 sempatikleri ejakulasyonu sağlar	Sakral (S2–S4) parasempatikler ereksiyonu sağlar
Üst taraf arterleri	T2–T5’ten, boyun ganglionlarından	—
Alt taraf arterleri	T10–T12, L1–L2	—
Damar etkisi	Deri damarlarında daralma, iskelet kas damarlarında genişleme	—

(9, 11)

KAYNAKÇA

1- Snell, R. S. (2019). *Snell's clinical neuroanatomy* (8th ed.). Wolters Kluwer.

2- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the brain* (4th ed.). Wolters Kluwer.

3- Standring, S. (Ed.). (2021). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (42nd ed.). Elsevier.

4- Beissner, F., Meissner, K., Bär, K. J., & Napadow, V. (2013). The autonomic brain: An activation likelihood estimation meta-analysis for central processing of autonomic function. *Journal of Neuroscience*, 33(25), 10503–10511.

5- Kreulen, D. L., & Peters, J. H. (2008). Parasympathetic control of gastrointestinal motility. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 140(1–2), 14–23.

6- Benarroch, E. E. (2006). Central autonomic network: Functional organization and clinical correlations. *Archives of Neurology*, 63(7), 1059–1062.

7- McCorry, L. K. (2007). Physiology of the autonomic nervous system. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 71(4), 78.

8- Beissner, F., Meissner, K., Bär, K. J., & Napadow, V. (2013). The autonomic brain: An activation likelihood estimation meta-analysis for central processing of autonomic function. *Journal of Neuroscience*, 33(25), 10503–10511.

9- Taner, D., Atasever, A., & Durgun, B. (2008). *Fonksiyonel nöroanatomi*. Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık.

10- Arifoğlu, Y. (2021). *Her yönüyle anatomi* (3. baskı). İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi.

11- Arıncı, K. (2006). *Anatomi Cilt 2: Dolaşım sistemi, periferik sinir sistemi, merkezi sinir sistemi, duyu organları*. Ankara: Güneş Kitabevi.

12- Anatomi OHO. (2005). *Anatomi*. Ankara: Klinisyen Tıp Kitabevi.

13- Tubbs, R. S., Salter, E. G., & Oakes, W. J. (2011). Anatomy and function of the parasympathetic ganglia of the head and neck. In R. S. Tubbs, M. M. Shoja, & M. Loukas (Eds.), *Bergman's comprehensive encyclopedia of human anatomic variation* (pp. 512–514). Wiley-Blackwell.

14- Mazzone, S. B., & Udem, B. J. (2016). Vagal afferent innervation of the airways in health and disease. *Physiological Reviews*, 96(3), 975–1024.

15- Widdicombe, J. G. (2003). Reflexes from the lungs and airways: Historical perspective. *Journal of Applied Physiology*, 94(5), 1465–1472.

BÖLÜM 3

BURUN MUKOZASINDA KURULUK VE EPİSTAKSİS: BİR ANATOMİK PERSPEKTİF

VEYSEL AKYOL¹
NECAT KOYUN²

Epistaksis Nedir?

Burun mukozasına veya damar duvarına zarar veren çeşitli etkenler sonucunda, burun deliklerinde, burun boşluğunda veya nazofarenkste meydana gelen ani kanamalardır (Ünlü, 2007; Aladağ, 2013). Epistaksis, bir hastalık olmayıp, altında yatan sebeplerin en önemli ortak burun semptomlarından biridir (Aladağ, 2013). Vakaların çoğu hafif seyirli olup tıbbi müdahaleye gerek kalmadan durdurulabilir. Ancak, şiddetli epistaksis vakaları tedavi edilmezse ölümcül olabilen acil bir durum oluşturabilir (Ballenger, 2010; Efiaty, 2007).

Toplumda her yıl aktif burun kanamaları yaklaşık %5-10 oranında görülmekte olup, bu kanamaların büyük çoğunluğu kendiliğinden durmaktadır. Ancak, yıllık kanama vakalarının

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-6355-441X, veysel-akyol@hotmail.com

² Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-6626-0302, necat_1974@hotmail.com

yalnızca %6'sı tedavi gerektirmektedir. Bu hastaların da yaklaşık %10'unda tekrarlayan ve inatçı burun kanamaları görölmektedir. Burun kanamalarının sıklığı genellikle 2-10 ve 50-80 yaş aralıklarında artış göstermektedir. Çocuklarda görölme sıklığı iki kat fazlayken, bebeklerde nadiren rastlanmaktadır (Aladağ, 2013).

Epistaksis, meydana geldiğı bölgeye göre anterior epistaksis (Kiesselbach pleksusu) ve posterior epistaksis (Woodruff pleksusu) olarak ikiye ayrılmaktadır. Anterior epistaksis, çocuklarda ve genç erişkinlerde yaygın olarak görölürken, posterior epistaksis daha çok arterioskleroz ve hipertansiyon öyküsü olan yaşlı bireylerde görölmektedir (Nagihan, 2018; Nazirah, 2024).

Epistaksis nedenleri

Epistaksis, nedenlerine göre lokal ve sistemik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

Lokal Nedenler

T travma: Darbe, kaza veya cerrahi müdahaleye bağılı olarak burunda oluşan hasar kanamaya yol açabilir (Kurtaran ve ark., 2014; Aladağ, 2013).

Yabancı Cisimler: Özellikle çocuklarda, yabancı cisimlerin burna sokulması burun mukozasını tahriş ederek kanamaya neden olabilir (Çelik ve Güven, 2012; Yılmaz ve Acar, 2011).

Enfeksiyonlar: Üst solunum yolu enfeksiyonları ve sinüzit gibi hastalıklar, burun mukozasını hassaslaştırarak kanama riskini artırabilir (Aladağ, 2013; Öztürk, 2015).

İnflamatuvar Hastalıklar: Alerjik rinit gibi inflamatuvar durumlar, burun mukozasını zayıflatarak kanamaya yol açabilir (Şahin ve Demir, 2016; Kara ve Yıldız, 2012).

Anatomik Bozukluklar: Nazal septum deviasyonu gibi yapısal anomaliler, burun mukozasında kuruluk ve çatlaklara sebep olarak kanamaya neden olabilir (Aladağ, 2013).

Tümörler: Nazal veya nazofaringeal bölgede bulunan iyi huylu ya da kötü huylu tümörler burun kanamalarına yol açabilir (Aladağ, 2013).

Sistemik Nedenler

Hipertansiyon: Yüksek kan basıncı, özellikle yaşlı bireylerde burun kanamalarının yaygın nedenlerinden biridir (Uslu ve ark., 2015).

Kanama Diyatezleri: Hemofili gibi pıhtılaşma bozuklukları, kanama riskini artırabilir (Kara ve Yıldız, 2012).

İlaç Kullanımı: Antikoagülan (kan sulandırıcı) ve bazı antiinflatuar ilaçlar, kanamaya eğilimi artırabilir (Aladağ, 2013; Şahin ve Demir, 2016).

Karaciğer Hastalıkları: Karaciğer fonksiyon bozuklukları, pıhtılaşma faktörlerinin üretimini etkileyerek kanamalara yol açabilir (Türkmen, 2014).

Alkolizm: Kronik alkol kullanımı, karaciğer fonksiyonlarını bozarak ve damarları zayıflatarak burun kanaması riskini artırabilir (Aladağ, 2013; Yılmaz ve Acar, 2011).

Burun boşluğu (Cavitas nasi) Anatomisi

Cavitas nasi, ağız boşluğunun (cavitas oris) üstünde, orbitanın alt ve iç yanında yer alır. Burun boşluğu, temel olarak cartilago septi nasi'den oluşan septum nasi adı verilen bir duvar ile iki ayrı boşluğa ayrılmıştır. Her bir boşluk önde nares (burun delikleri) aracılığıyla dışarı açılırken, arkada choana adı verilen açıklıklarla nasopharynx'e bağlanır. Cavitas nasi; vestibulum nasi,

regio respiratoria ve regio olfactoria olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır (Yıldırım, 2020).

Cavitas Nasi'nin Duvarları

Üst Duvar

Burun boşluğunun üst duvarı, önden arkaya doğru şu yapılar tarafından oluşturulur: cartilago alaris major, cartilago septi nasi'nin processus lateralis'i, os nasale, os frontale'nin spina nasalis'i, os ethmoidale'nin lamina cribrosa'sı, ala vomer, os palatinum'un processus sphenoidalis'i, os sphenoidale'nin corpus'u. Bu duvarda lamina cribrosa aracılığıyla, n. olfactorius (I. kraniyal sinir) sinir uzantıları olan fila olfactoria geçer. Bu sinir lifleri, burun boşluğunun üst duvarı ile hem lateral hem de medial kısımlarındaki süperior bölgelere ulaşarak koku duyusunu algılar (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Alt Duvar

Alt duvar, önden arkaya doğru şu kemik yapılar tarafından oluşturulmaktadır: os maxillaris'in processus palatinus'u, os palatinum'un lamina horizontalis'i. Bu duvarda canalis incisivus adı verilen kanaldan n. nasopalatinus ve a. sphenopalatina'nın uç dalları geçerek burun boşluğuna dağılır. Alt duvardaki arter ve sinir, burun mukozasının beslenmesini ve duyu alınmasını sağlar (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

İçyan Duvar (Medial Duvar)

Burun boşluğunu sağ ve sol iki yarıya ayıran septum nasi, içyan duvarı oluşturur. Bu yapı şu elemanlardan meydana gelir: cartilago septi nasi, os vomer, os ethmoidale'nin lamina perpendicularis'dir (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Dışyan Duvar (Lateral Duvar)

Cavitas nasi'nin en geniş duvarı olan dışyan duvar, şu kemik yapılardan oluşur: os ethmoidale'nin labyrinthus ethmoidale'si, os concha nasalis inferior, os sphenoidale'nin lamina medialis'i, os palatinum'un lamina perpendicularis'i, os maxilla'nın processus frontalis'i, os lacrimale. Bu duvarda, concha nasalis süperior, media ve inferior olmak üzere üç adet concha bulunur. Concha'ların oluşturduğu meatus adı verilen boşluklara, paranazal sinüsler ve canalis lacrimalis açılır (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Cavitas Nasi'nin Mukozası

Cavitas nasi'nin vestibulum nasi dışındaki diğer iki bölgesi, mukoza tabakası ile kaplıdır. Bu mukoza: seröz ve müsin salgılayan glandüler hücrelerden oluşur ve yalancı çok katlı silyalı epitel ile döşelidir (Öztürk, 2023).

Özellikle concha nasalis süperior ve media seviyesinde bulunan bu hücreler, bol mukus salgılayarak mukozanın korunmasına yardımcı olur. Ayrıca, mukoza tabakası zengin anastomozlarla bağlantılı yoğun bir damarsal ağa sahiptir. Bu sayede solunan hava ısıtılır ve nemlendirilir (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Cavitas Nasi'nin Sinirleri

Dokunma, basınç, ağrı ve ısı duyuları, n. trigeminus'un (II. kraniyal sinir) dalları n. maxillaris (V2) ve n. ophthalmicus (V1) tarafından taşınır. Özel duyu olan koku duyusu, n. olfactorius tarafından iletilir. Mukozada bulunan salgı bezlerinin otonom sinir uyarımı şu yollarla gerçekleşir: sempatik sinir lifleri, ggl. cervicale superius'tan gelir. Parasempatik sinir lifleri, n. facialis (VII. kraniyal sinir) aracılığıyla ggl. pterygopalatinum'dan iletilir (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Cavitas Nasi'nin Lenf Drenajı

Cavitas nasi'nin ön bölümü, nodi submandibulares'e drene olur. Cavitas nasi'nin arka bölümü, nodus jugulodigastricus'a drene edilir (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Cavitas Nasi'nin Venöz Drenajı

Burun boşluğunun venleri genellikle arterlere eşlik eder. Cavitas nasi'nin ön bölümünün venleri, v. facialis'e drene olur. Diğer bölümlerin venleri, esas olarak plexus pterygoideus'a drene edilir. A. ethmoidales'e eşlik eden venler, v. ophthalmica superior aracılığıyla sinüs cavernosus'a drene olur (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Cavitas nasi'nin Arterleri

Burun boşluğunun arterleri, farklı bölgelerden gelen çeşitli damar dallarıyla beslenmektedir.

Dış duvarın arka üst bölgesinde, a. carotis externa'nın dalı olan a. maxillaris, a. sphenopalatina dalını verir. Bu arter, burun boşluğuna girerek r. septalis posterior ve r. nasalis lateralis posterior dallarını oluşturur ve burun boşluğunu arkadan besler (Arıncı & Elhan, 2006).

Üst duvardan, yine a. carotis externa'nın dalı olan a. ophthalmica'dan ayrılan a. ethmoidalis anterior ve posterior dalları burun boşluğuna girerek üstten besleme sağlar (Arıncı & Elhan, 2006).

Alt duvarda, a. maxillaris'ten çıkan a. palatina descendens'in dalı olan a. palatina major, burun boşluğuna girerek alt bölgeyi besler (Arıncı & Elhan, 2006).

Önden, a. carotis interna'nın dalı olan a. facialis'in üç önemli dalından biri olan a. labialis superior, r. lateralis nasi dalını vererek burun boşluğunu ön bölgeden besler (Arıncı & Elhan, 2006).

Bu arterler, burun boşluğunun dış ve iç duvarlarında, özellikle septum nasi üzerinde yoğun anastomozlar yapar. Epistaksis, genellikle bu anastomoz noktaları anterior plexus ve posterior plexus’da meydana gelir (Arıncı & Elhan, 2006).

Epistaksiste Önemli Anatomik Bölgeler

Little Alanı (Kiesselbach Pleksusu)

Septum nasi’nin ön kısmında bulunan bu bölge, burun kanamalarının en sık görüldüğü yerdir.

Kiesselbach pleksusu, şu arterlerin anastomozuyla oluşur:

A. sphenopalatina,

A. palatina major,

A. labialis superior,

A. ethmoidalis anterior.

Bu bölgeden kaynaklanan burun kanamalarına anterior epistaksis denir ve burun kanamalarının büyük çoğunluğu burada meydana gelir (Şekil 1) (Arıncı & Elhan, 2006).

Woodruff Pleksusu

Septum nasi’nin arka kısmında bulunan bu bölge, özellikle yaşlı bireylerde ve sistemik hastalıklarda görülen burun kanamalarının en sık meydana geldiği yerdir (Şekil 2).

Woodruff pleksusu, şu arterlerin anastomozuyla oluşur:

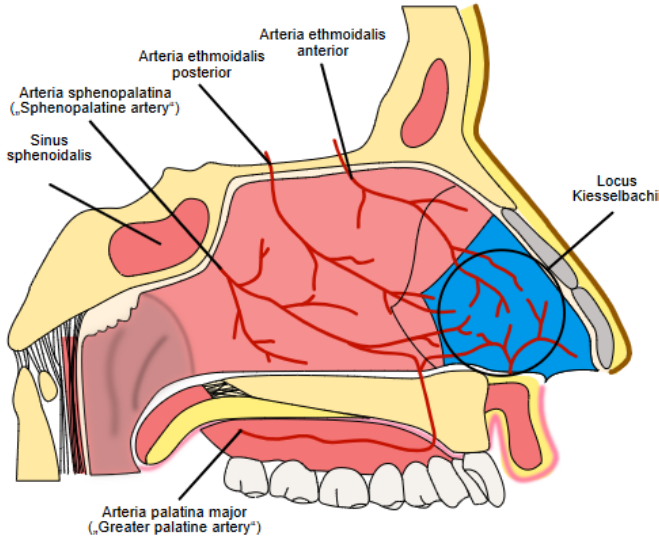
A. sphenopalatina,

A. ethmoidalis posterior.

Bu bölgeden kaynaklanan burun kanamalarına posterior epistaksis denir ve daha şiddetli seyreder (Arıncı & Elhan, 2006).

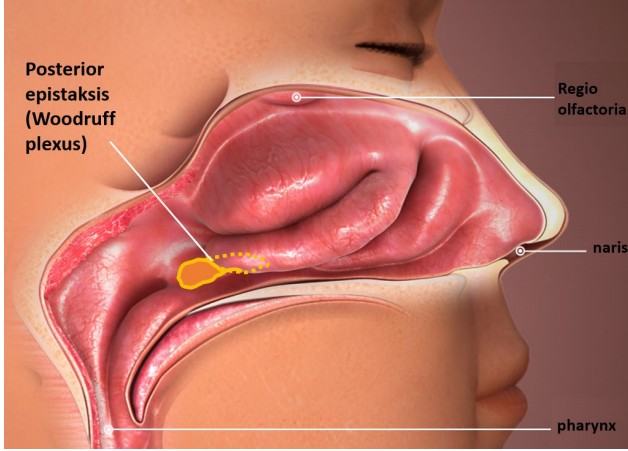
Epistaksis vakalarının büyük çoğunluğu anterior epistaksis olarak meydana gelse de posterior epistaksis daha ciddi ve kontrol edilmesi zor bir durumdur. Bu nedenle, burun kanamalarının anatomik kökeni ve besleyici arterlerin dağılımı klinik açıdan büyük önem taşımaktadır.

Şekil 1 Septum nasi'nin arteriyel beslenmesi ve locus Kiesselbach (Kiesselbach pleksus)



Kaynak: commons wikimedia (2025).

Şekil 2 Cavitas nasi'nin lateral duvarında Woodruff pleksus bölgesi.



Kaynak: commons wikimedia (2025).

N. facialis'in duyu ve motor sinirleri

Nervus facialis, motor ve duyu sinir liflerinden oluşan karma bir sinirdir. İki ana kökten meydana gelir:

N. facialis propria

Bronkiomotor kökenli özel visseral efferent (ÖVE veya SVE) liflerinden oluşur.

N. intermedius (Wrisberg siniri)

Genel visseral efferent (GVE),

Özel visseral afferent (ÖVA veya SVA),

Genel visseral afferent (GVA),

Genel somatik afferent (GSA) liflerini içerir (Ozan, 2014).

Duyu Lifleri ve Nöron Kaynakları

GSA, GVA ve SVA liflerinin nöron gövdeleri, canalis facialis'te bulunan ganglion geniculi içinde yer alır.

Ggl. geniculi'nin periferik uzantıları hedef organdan duyu taşırken santral uzantıları, nuc. solitarius ve nuc. spinalis nervi trigemini bölgelerine ulaşır (Ozan, 2014).

Motor Lifler ve Nöron Kaynakları

Özel visseral efferent (SVE) liflerinin nöron gövdeleri nuc. nervi facialis'te bulunur.

Genel visseral efferent (GVE) liflerinin kaynağı ise nuc. salivatorius ve nuc. lacrimalis bölgeleridir (Ozan, 2014).

N. facialis, taşıdığı hem motor hem de duyu liflerinin sayesinde yüz kaslarının hareketini, bazı bezlerin salgı fonksiyonlarını ve tat duyusunu sağlayan önemli bir sinirdir (Ozan, 2014; Standring, 2021).

N. facialis'in taşıdığı parasempatik sinir lifleri

Nuc. salivatorius superior ve üst bölümü olan nuc. lacrimalis, pons ile medulla oblongata (bulbus)'nın birleştiği bölgede, tegmentum pontis'in alt bölümünde bulunur. Bu nucleus'lardan çıkan preganglioner parasempatik lifler, n. intermedius'u oluşturur. Daha sonra ventromedial bir seyir izleyerek n. facialis propria'ya katılır ve n. facialis'i meydana getirir. N. facialis, n. vestibulocochlearis ile ortak bir meningeal kılıf içinde meatus acusticus internus'a ulaşır. Burada fundus bölgesinde, n. vestibulocochlearis'ten ayrılarak area nervi facialis'te bulunan canalis facialis'e girer. Bu kanal, Fallop kanalı olarak da bilinir (Arıncı & Elhan, 2006).

N. Chorda Tympani'nin Seyri ve Fonksiyonu

Canalis facialis'ten geçen n. facialis, ggl. geniculi'den ayrılarak seyrine devam eder. For. stylomastoideum'un yaklaşık 5 mm yukarısında, n. facialis'ten ayrılır ve n. chorda tympani adını alır. N. chorda tympani, orta kulağın arka duvarında bulunan

canaliculus chordae tympani (Huguier kanalı) vasıtasıyla orta kulağa girer (Arifoğlu, 2021; Erbil & Bozkurt, 2012). Crus longum ve manubrium mallei arasından geçerek orta kulağın dış duvarını arkadan öne doğru çaprazlar. Daha sonra Glaser yarığı (fissura petrotympanica) aracılığıyla kafatasını terk eder ve fossa infratemporalis'e ulaşır. Burada, n. trigeminus'un bir dalı olan n. lingualis'e bağlanır. N. lingualis ile bir süre ilerledikten sonra ggl. submandibulare'ye ulaşır. Nuc. salivatorius superior'dan gelen preganglioner parasempatik lifler, ggl. submandibulare'de nöron değiştirerek postganglioner parasempatik lifler haline gelir. Bu lifler, gl. submandibularis ve gl. sublingualis'in innervasyonunu sağlayarak tükürük salgısını (salivasyon) düzenler (Arıncı & Elhan, 2006; Ozan, 2014; Standring, 2021).

N. Petrosus Major'ın Seyri ve Fonksiyonu

Canalis facialis'in genum bölgesinden, ggl. geniculi'den ayrılan lifler, n. petrosus major adını alır. N. petrosus major, hiatus canalis facialis'ten geçerek pars petrosa'nın ön yüzüne ulaşır. Bu bölgede sulcus nervi petrosi majoris boyunca ilerler ve for. lacerum'da plexus caroticus internus'tan gelen postganglioner sempatik sinir lifleriyle birleşir. Bu birleşme sonucunda, n. canalis pterygoideii (Vidius siniri) oluşur. N. canalis pterygoideii, canalis pterygoideus içinden geçerek fossa pterygopalatina'da bulunan ggl. pterygopalatinum'a (Meckel ganglionu) ulaşır. N. canalis pterygoideii, hem postganglioner sempatik hem de preganglioner parasempatik lifleri taşır (Arıncı & Elhan, 2006; Standring, 2021; Kaya ve Uğur, 2010).

Bu yapı, gözyaşı bezleri (gl. lacrimalis), burun ve damak bezlerinin parasempatik innervasyonunda önemli bir rol oynar.

Ggl. Pterygopalatinum'dan Post Ganglionik Parasempatik ve Sempatik Liflerin Dağılımı

N. canalis pterygoidei (Vidius siniri), ggl. pterygopalatinum'a postganglionik sempatik ve preganglionik parasempatik lifleri taşır. Sempatik lifler ganglionda nöron değiştirmeden doğrudan hedef yapılara yönelir. Parasempatik lifler ise ganglionda nöron değiştirerek postganglionik parasempatik liflere dönüşür ve gl. lacrimalis (gözyaşı) ile nazal bölgede gll. nasalis'lere dağılır. Her iki tip sinir lifi, hedef bölgelerine n. trigeminus'un dallarını kullanarak ulaşır (Arıncı & Elhan, 2006).

Postganglionik Sempatik Liflerin Dağılımı

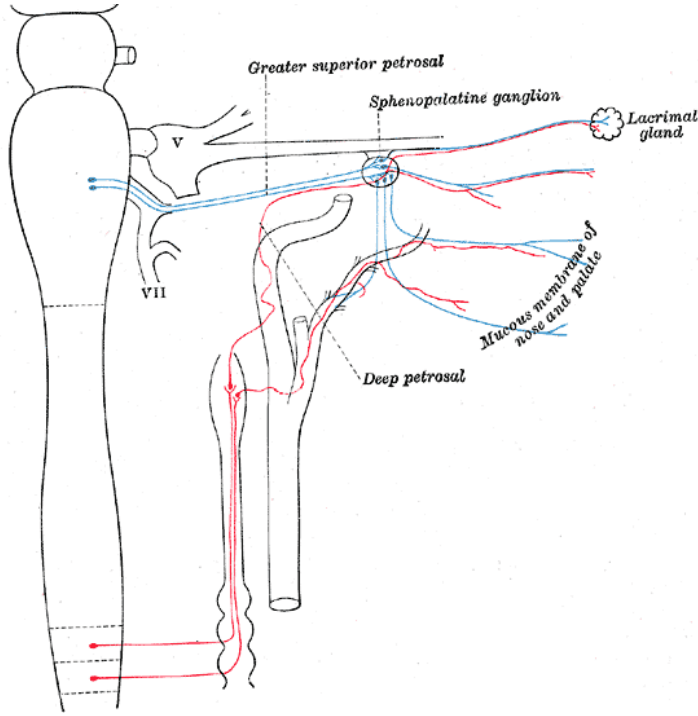
Ggl. pterygopalatinum'dan çıkan postganglionik sempatik lifler, N. maxillaris'in dalı olan n. nasopalatinus'a katılarak, burun boşluğu ve damak mukozasına dağılır (Arıncı & Elhan, 2006).

Postganglionik Parasempatik Liflerin Dağılımı

N. maxillaris, nn. pterygopalatini adı verilen iki kısa dal ile ggl. pterygopalatinum'a bağlanır.

Ggl. pterygopalatinum'da nöron değiştirerek postganglionik hale geçen parasempatik lifler n. maxillaris'in dalı olan n. zygomaticus'a katılır. Daha sonra, postganglionik parasempatik lifler n. zygomaticus'un dalı olan n. zygomaticotemporalis'e geçer. n. zygomaticotemporalis'deki postganglionik parasempatik lifler, n. trigeminus'un 1. dalı olan n. ophthalmicus (V1)'un n. lacrimalis'ine bağlanır. Bu sayede postganglionik parasempatik lifler n. lacrimalis aracılığıyla gl. lacrimalis'e (gözyaşı bezine) ulaşarak lakrimasyonu gerçekleştirmesini sağlar (Arıncı & Elhan, 2006; Yıldırım, 2020).

Şekil 3 Postganlionik parasempatik liflerin gl. lacrimali'e gidişi



Kaynak: Commons.wikimedia(2015).

Ggl. pterygopalatinum'dan ayrılıp for. sphenopalatinum'dan geçen rr. nasales posteriores superiores laterales ve mediales dalları ile burun boşluğuna ulaşır. Rr. nasales posteriores superiores mediales'in n. nasopalatinus dalı canalis incisivus'dan geçip katı damak (palatum durum)'a ulaşır (Yıldırım, 2020).

Ggl. pterygopalatinum'dan ayrılan for. sphenopalatinum'dan geçen rr. nasales posteriores superiores laterales ve mediales dalları ile burun boşluğuna dağılır. Rr. nasales posteriores superiores mediales'in n. nasopalatinus dalı, Canalis incisivus'tan geçerek palatum durum'a (sert damak) ulaşarak dağılır (Yıldırım, 2020).

Gangliondan ayrılan nn. palatini, Canalis palatinus major (canalis pterygopalatinus) içinden geçerek N. palatinus major ve nn.

palatini minores dallarına ayrılır. N. palatinus major, palatum durum (sert damak) ve rr. nasales posteriores inferiores dalları ile burun mukozasına gider. Nn. palatini minores, palatum molle (yumuşak damak) ve rr. tonsillares dalları ile tonsilla palatina'ya (bademciklere) ulaşır. N. pharyngeus ise ince bir dal olarak farinks mukozasına gider. Bu sinirler, nazal ve palatin bezlerin parasempatik innervasyonunu sağlayarak nazal salgıları düzenler (Yıldırım, 2020).

Sonuç

Epistaksis, genelde burun mukozasının veya damar duvarının birçok nedene bağlı olarak zarar görmesi sonucu burun deliklerinde, burun boşluğunda veya nazofarenkste görülen akut kanamalar şeklinde tanımlanmaktadır. Literatürde epistaksis nedenleri lokal ve sistemik nedenler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Lokal nedenler içinde burna darbe, cerrahi müdahale, nazal septum deviasyonu, nazal veya nazofaringeal bölgede tümör bulunması yanı sıra mukozanın tahriş, hassaslaşması, zayıflaması, kuruluğu öne çıkmaktadır.

Mukozal kuruluk, lokal nedenlerden anatomik bozukluklar içinde yer almaktadır (Aladağ, 2013). Mukozal kuruluğun yalnızca anatomik bozukluk nedeni ile değil, nazal bezlerin parasempatik innervasyonunda ya da parasempatik ileti yolundaki herhangi bir anormal durumun indirekt etkisi ile de oluşması muhtemeldir. Bu sebeple sınıflandırmaya indirekt etki olarak parasempatik ileti yolu problemleri de konulması uygun olacaktır.

Kaynakça

Aladağ, İ. (2013). Epistaksis (burun kanaması). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 5(4), 180-189.

Arıncı, K. & Elhan, A. (2006). Anatomi 1. Cilt, 4. Baskı, Güneş Kitabevi, Ankara.

Arifoğlu, Y. (2021). Her Yönüyle ANATOMİ 3. Baskı, İstanbul Tıp Kitabevleri, İstanbul.

Atasever, A. (2019). Anatomi 1. Bskı, İstanbul Tıp Kitabevleri, İstanbul.

Ballenger, J. J. (2010). Penyakit telinga, hidung, tenggorok, kepala, dan leher (Jilid 1, Edisi 22). Jakarta: Binarupa Aksara Ünlü, Y. (2007). Epistaksis etiyolojisi. Türkiye Klinikleri Journal of Surgical Medical Sciences, 3(10), 8-11.

Bilal, N., Acıpayam, C., Orhan, İ. & Sağıroğlu, S. (2018). Çocuklarda epistaksis nedenleri ve prognostik faktörler, Kocaeli Med J 2018; 7 (2), 103-108Doğan, T. (2018). Fonksiyonel Nöroanatomi (20. Bs). ODTÜ Yayıncılık, Ankara.

Commons.wikimedia(2015).https://en.wikipedia.org/wiki/Pterygopalatine_ganglion#/media/File:Gray841.png

Commons.wikimedia(2020).https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Locus_Kiesselbachii_Schematic_EN.svg

Commons.wikimedia(2025).https://tr.wikipedia.org/wiki/Burun#/media/Dosya:3D_Medical_Animation_Nose_Top_section.jpg

Çelik, S. & Güven, M. (2012). Çocuklarda Yabancı Cisim Aspirasyonu ve Burun Kanaması İlişkisi. Pediatrik Acil Tıp Dergisi, 7(1), 33–36.

Erbil, K. M. & Bozkurt, M. C. (2012). Orta Kulak Anatomisi ve Fasiyal Sinir İlişkisi. Türk Otolarengoloji Arşivi, 50(4), 201–207.

Efiaty, A. S., & dkk. (2007). Buku ajar ilmu kesehatan THT (Edisi 6), Jakarta.

Gray, H., Williams, P. L., & Bannister, L. H. (Eds.). (1995). Gray's anatomy: The anatomical basis of medicine and surgery (38th ed.), Churchill Livingstone, USA, New York.

Kara, T. & Yıldız, M. (2012). Pıhtılaşma Bozukluklarında Klinik Yaklaşım. Hematoloji Güncel, 4(1), 22–27.

Kaya, S. & Uğur, H. C. (2010). Kranial Sinirlerin Mikroskopik ve Klinik Anatomisi. Türk Nöroşirürji Dergisi, 20(Suppl), 45–53.

Kurtaran, H. & ark. (2014). Travmatik Burun Kanamaları: Nedenler ve Yönetim. Türk Otolarengoloji Arşivi, 52(2), 105–109.

Nazirah, J., Putri, B. I., Maulina, N., Herlina, N., & Fauzan, A. (2024). Manajemen epistaksis. GALENICAL: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh, 3(1), 55-67.

Ozan, H. (2014). Ozan anatomi (3. bs.). Klinisyen Tıp Kitabevleri, Ankara.

Öztürk, B. (2015). Akut ve Kronik Rinosinüzitlerin Nazal Mukoza Üzerine Etkileri. Enfeksiyon Dergisi, 29(3), 174–179.

Öztürk, U. (2023). Küçük hücreli dışı akciğer kanserlerinde immünohistokimyasal ve moleküler yöntem ile NTRK füzyonu araştırılması (Uzmanlık tezi), Pamukkale Üniversitesi, (Türkiye).

Standring, S. (2021). Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice (42nd ed.). Elsevier.

Şahin, H. & Demir, F. (2016). NSAİİ Kullanımı ve Kanama Riskleri. Tıp ve Farmakoloji Dergisi, 11(2), 78–83.

Şeker, B. (2021). Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinde Foramen Sphenopalatina'nın Morfometrik ve Klinik Açından

Değerlendirilmesi (Master's thesis), Necmettin Erbakan University (Turkey).

Türkmen, A. (2014). Karaciğer Yetmezliği ve Hemostaz Bozuklukları. Hepatoloji Bülteni, 9(4), 192–198.

Uslu, İ. & ark. (2015). Hipertansiyonun Burun Kanaması ile İlişkisi: Retrospektif Bir İnceleme. Türk Otolarengoloji Arşivi, 53(1), 13–17.

Yıldırım, M. (2020). Resimli sistematik anatomi (3. bs.), Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul.

Yılmaz, R. & Acar, N. (2011). Alkol Bağımlılığı ve Kanama Diyatezleri Üzerine Etkisi. Klinik Psikiyatri, 14(2), 102–108.

BÖLÜM 4

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ANATOMY: BASIC AND CLINICAL APPROACH

SEDA ÇETİN¹

Introduction

Today, the combination of developing technology and scientific knowledge has made it possible to emerge artificial intelligence (AI) systems with capabilities such as human-like reasoning, literature review, problem solving and decision support. Features such as providing access to comprehensive medical information, acting as a language atlas for foreign terms (Jeyaraman et al. 2023), and interpreting radiological images (Bal, 2022) form the basis for AI to gain an important place in the field of health.

AI Technologies and Applications in Anatomy Education

AI-supported technologies are increasingly finding a place in the field of education, and one of the areas most affected by this change is the discipline of anatomy, which is one of the cornerstones of medical education. These technologies provide students with an education opportunity that is independent of time and space, in line

¹ Dr. Res. Asst., Adiyaman University Faculty of Medicine, Department of Anatomy, Orcid: 0000-0003-1952-4587

with their own learning pace; It contributes to individualized learning processes by increasing interaction, especially in anatomy teaching.

In improving comprehension of anatomy, AI-powered applications provide students with real-time feedback, enhancing instant knowledge acquisition. Thanks to virtual reality technologies and avatar-based platforms, the three-dimensional, layered structure of the human anatomy has become more comprehensible. These systems, which go beyond flat-screen presentation environments, make it possible to convey both theoretical and practical information more effectively. These tools increase student participation in the course and make the learning process more interactive with their ease of use, reduction of cognitive load and deepening sense of presence in the virtual environment.

These technological developments are not limited to teaching basic anatomy, but also offer a wide range of uses in clinical anatomy practices. Artificial intelligence-based applications are becoming widespread in many areas such as simulation-supported educational environments, online assessment systems, software to prevent academic ethics violations, curriculum planning and digital content management. At the same time, thanks to the high data storage capacity of these models, large data sets can be stored safely; its integration with 3D printers and robotic technologies also supports different learning approaches. Research conducted in recent years reveals that these technologies can make versatile contributions to anatomy education (Chheang et al., 2024; Li et al., 2021; Abdellatif et al., 2022).

Smart Educational Tool for Anatomy Education

Developed specifically for anatomy education, the AI-based chatbot Anatbuddy aims to provide context-sensitive, field-focused and terminologically correct answers with its Retrieval Augmented

Generation (RAG)-based structure. This system, which has higher accuracy rates compared to general-purpose language models, has shown promising results in terms of academic success, especially in a pilot study in the field of thoracic anatomy (Arun et al., 2024).

The Role of ChatGPT in Anatomy Education

Comparative studies evaluating the effects of recently developed artificial intelligence-based chat systems on educational processes are increasing. In these studies, it has been observed that different artificial intelligence models exhibit different levels of performance in certain areas. While some systems are more effective in practical tasks, others are more successful in situations that require conceptual thinking. However, a common limitation of all models is that they have some deficiencies in content accuracy. For this reason, it is emphasized that the information produced must undergo expert review.

In this context, artificial intelligence-supported chat applications such as ChatGPT offer various advantages in educational environments. The basic contributions of these technologies that support the learning process are that students can access information quickly, facilitate the process of creating exam content, and provide instant feedback. However, it is emphasized that these digital tools should be inspected by competent instructors before being used as educational materials. Such technological solutions should be considered as complementary tools to assist existing pedagogical approaches rather than replacing traditional teaching methods. Additionally, more scientific data is needed on the teaching of complex concepts and their effects on long-term learning (Ganapathy & Kaushal, 2025).

The role of ChatGPT, especially in the context of anatomy education, remains controversial. Although it is found useful that it provides students with self-learning support and provides

information transfer in clinical scenarios, there are some limitations in areas such as scientific accuracy, level of clarity, and visual content presentation. In some cases, it has been reported that the answers given to anatomical questions were inadequate or incorrect. Therefore, in order for chatbots such as ChatGPT to become a reliable educational tool, both their technical infrastructure and educational content need to be developed (Chytas et al., 2025).

AI-Powered 3D Anatomy Applications

On the other hand, 3D modeling and segmentation technologies also make significant contributions to AI-supported anatomy education. The segmentation technique minimizes errors due to human intervention by separating anatomical structures into layers; it also enables the design to be carried out more quickly and accurately. When fed with operator-supported data sets, the anatomical structure recognition capacity of AI systems increases significantly; this contributes to achieving more reliable and stable results in educational processes. As a result, these systems work more effectively over time, reducing error rates and increasing educational accuracy (Orhan, 2024).

The Rise of AI in Healthcare

Rapid developments in AI technologies have heralded a major transformation in the field of healthcare. Large language models, especially ChatGPT, have remarkable potential in many areas such as clinical management, medical research, and medical education. However, considering the limitations of these technologies, it should be noted that they should not replace physician expertise (Jeyaraman et al., 2023). Therefore, both an enthusiastic and cautious approach should be adopted during the integration of AI into the healthcare system.

One of the most important advantages of ChatGPT is that it facilitates access to up-to-date information and increases patient participation. In addition, it can be used as a supportive tool that can reduce the workload of physicians in fields that require intense cognitive load, such as clinical and translational medicine (Jeyaraman et al., 2023). However, in this process, it is necessary to stay within ethical boundaries, evaluate practices regularly and make them adaptable to new situations. In order to achieve these goals, it is of great importance to continuously invest in scientific research.

ChatGPT plays an active role in time-consuming processes such as report writing, information simplification and decision support for physicians in clinical practice, speeding up and facilitating the process (Kung et al., 2023). However, AI models stand out not only for their speed but also for their objective and evidence-based data processing capacity, which reduces the risk of errors. Thanks to the ability to analyze complex patterns and relationships within large data sets, new medical insights can be obtained and it also helps in disease diagnosis and prognosis predictions (Xue, Lei, & Cho, 2023).

AI in Medical Specialties and Anatomy

Radiology is one of the areas of expertise where AI is used most frequently (66.7%). This is followed by robotic surgery (50%), pathology (33.3%), dermatology, microbiology and oncology (Kahraman et al., 2024). The common feature of these fields is that they include studies based on visual data analysis and spatial analysis. Especially in branches such as radiology and pathology, AI enables rapid and accurate identification of imaging-based anatomical structures. When evaluated in terms of clinical anatomy, these technologies make it easier for the physician to analyze anatomical structures in a clearer, more comparative and measurable way. However, despite this rapid development, issues such as the risk

of mechanization in the doctor-patient relationship, ethical concerns and professional role confusion are on the agenda (Kahraman et al., 2024). In these branches where knowledge of clinical anatomy is fundamental, the issue of whether AI systems can adequately recognize individual differences in human anatomy should be carefully considered.

Clinical Anatomy and AI in Digital Imaging Processes

In dentistry practice, it is seen that AI-supported systems directly affect clinical anatomical evaluations. The process of identifying anatomical structures such as the jaw, mandible, maxilla, and related neurovascular structures, especially on panoramic radiographs, can be time-consuming and interpretation-based with manual methods. For this reason, AI-supported automatic identification systems have been developed (Özcan, Karayılan, & Yılmaz, 2024). In studies where these systems were evaluated with statistical parameters such as accuracy, precision and sensitivity, high success was found for some anatomical structures, while low performance was reported for others. In terms of clinical anatomy, this situation shows that AI may be inadequate, especially when it comes to varying or complex structures. Therefore, model training should include detailed anatomical classifications and be supported by datasets that contain more examples and are rich in terms of age, gender and variation.

The contribution of large language models such as ChatGPT is also increasing in the field of anatomy education. Providing students with descriptive information about systems such as cranial nerves, vascular structures, and muscle groups, which are particularly challenging topics, facilitates learning (Lee, 2024). With interactive question-answer support, ChatGPT enables students to reinforce anatomical concepts that they have difficulty understanding with different forms of expression. From a clinical

anatomy perspective, thanks to such supporting tools, students can be more successful in reconciling their theoretical knowledge with clinical scenarios. However, it should not be forgotten that using these technologies independently of trainer guidance may lead to misinformation. Therefore, AI-powered tools such as ChatGPT should be guided under instructor supervision and in accordance with anatomy terminology.

Generally speaking, AI systems have become integrated into many medical processes that are directly related to clinical anatomy (Bhatt et al., 2022). However, this integration can only be effective if the systems are sensitive to anatomical diversity, fed with up-to-date morphological data, and used in an educationally controlled manner. Considering the importance of individual variations, pathological changes and surgical planning in clinical anatomy applications, the contributions of AI as well as its limits should be carefully evaluated.

Conclusion

In clinical and basic anatomy education, AI stands out as a powerful supporting tool that accelerates the learning process, facilitates access to information, and reinforces concepts. However, this technology is not yet fully reliable; the accuracy of the information presented still requires academic supervision and expert control.

Kaynakça

Abdellatif, H., Al Mushaiqri, M., Albalushi, H., Al-Zaabi, A. A., Roychoudhury, S., & Das, S. (2022). Teaching, learning and assessing anatomy with artificial intelligence: The road to a better future. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14209. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114209>

Arun, G., Perumal, V., Urias, F. P. J. B., Ler, Y. E., Tan, B. W. T., Vallabhajosyula, R., Tan, E., Ng, O., Ng, K. B., & Mogali, S. R. (2024). ChatGPT versus a customized AI chatbot (Anatbuddy) for anatomy education: A comparative pilot study. *Anatomical Sciences Education*, 17(7), 1396–1405. <https://doi.org/10.1002/ase.2502>

Bal, T. (2022). Antimikrobiyal direnç tehdidinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi. *Türkiye Klinikleri Infectious Diseases-Special Topics*, 15(3), 41–45.

Bhatt, P., Liu, J., Gong, Y., Wang, J., & Guo, Y. (2022). Emerging artificial intelligence–empowered mHealth: Scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(6), e35053. <https://doi.org/10.2196/35053>

Chheang, V., Sharmin, S., Márquez-Hernández, R., Patel, M., Rajasekaran, D., Caulfield, G., ... & Barmaki, R. L. (2024, January). Towards anatomy education with generative AI-based virtual assistants in immersive virtual reality environments. In *2024 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and eXtended and Virtual Reality (AIxVR)* (pp. 21–30). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AIxVR58341.2024.00012>

Chytas, D., Noussios, G., Paraskevas, G., Vasiliadis, A. V., Giovanidis, G., & Troupis, T. (2025). Can ChatGPT play a significant role in anatomy education? A scoping review. *Morphologie*, 109(365), 100949. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2024.100949>

Ganapathy, A., & Kaushal, P. (2025). Cognitive domain assessment of artificial intelligence chatbots: A comparative study between ChatGPT and Gemini's understanding of anatomy education. *Medical Science Educator*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40670-025-02050-9>

Jeyaraman, M., K. S. P., Jeyaraman, N., Nallakumarasamy, A., Yadav, S., & Bondili, S. K. (2023). ChatGPT in medical education and research: A boon or a bane? *Cureus*, 15(8), e44316. <https://doi.org/10.7759/cureus.44316>

Kahraman, F., Aktaş, A., Bayrakçeken, S., Çakar, T., Tarcan, H. S., Bayram, B., Durak, B., & Ulman, Y. İ. (2024). Physicians' ethical concerns about artificial intelligence in medicine: A qualitative study: “The final decision should rest with a human”. *Frontiers in Public Health*, 12, 1428396. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1428396>

Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., ... & Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health*, 2(2), e0000198. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198>

Lee, H. (2024). The rise of ChatGPT: Exploring its potential in medical education. *Anatomical Sciences Education*, 17(5), 926–931. <https://doi.org/10.1002/ase.2468>

Li, Y. S., Lam, C. S. N., & See, C. (2021). Using a machine learning architecture to create an AI-powered chatbot for anatomy education. *Medical Science Educator*, 31(6), 1729–1730. <https://doi.org/10.1007/s40670-021-01440-7>

Orhan, K. (2024). 3B modelleme ve tasarımda yapay zeka. Ankara: Türkiye Klinikleri Yayınevi, 12–14.

Özcan, T., Karayılan, R., & Yılmaz, S. (2024). Panoramik radyograflarda anatomik yer işaretlerinin yapay zeka destekli otomatik tespiti. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 40(3), 535–558.

<https://doi.org/10.48097/eurse.1320303>

Xue, V. W., Lei, P., & Cho, W. C. (2023). The potential impact of ChatGPT in clinical and translational medicine. Clinical and Translational Medicine, 13(3), e1216.

<https://doi.org/10.1002/ctm2.1216>

ANATOMİK TEMELLER VE YAPAY ZEKA

