

Functional Organization of The Reticular Formation: Roles in Consciousness, Pain Modulation, and Autonomic Regulation

Retiküler Formasyonun Fonksiyonel Organizasyonu: Bilinç, Ağrı Modülasyonu ve Otonomik Düzenleme Üzerindeki Rolü

Anıl KAYA  ^{1*} Turgay KARATAŞ  ²

¹İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Türkiye.

²İnönü Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Malatya, Türkiye.

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author, E-mail: anil.kaya@ozal.edu.tr

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 31.03.2026

Accepted: 30.04.2026

Publication:30.04.2026

Citation:

Kaya A, Karataş T. Functional Organization of The Reticular Formation: Roles in Consciousness, Pain Modulation, and Autonomic Regulation. Journal of MTU. 2026;5(1):15-19.

<https://doi.org/10.58651/jomtu.1920018>

ABSTRACT

Objective: This review aims to examine the anatomical and functional organization of the reticular formation and to elucidate its role in consciousness, pain modulation, motor control, and autonomic regulation.

Materials and Methods: A comprehensive literature search was conducted across national and international databases. Clinical and experimental studies, as well as relevant review articles addressing the structure and functions of the reticular formation, were systematically evaluated.

Results: The findings indicate that the reticular formation regulates consciousness and arousal primarily through the ascending reticular activating system (ARAS). It plays a pivotal role in pain modulation via its connections with the raphe nuclei and the periaqueductal gray (PAG). In addition, it contributes to the regulation of muscle tone and posture through reticulospinal pathways and is involved in balance and coordination through its interactions with the vestibular system and cerebellum. Regarding autonomic functions, the reticular formation is essential for the regulation of cardiovascular activity, respiration, and visceral processes.

Conclusions: The reticular formation is a fundamental neuroanatomical structure that integrates consciousness, pain, motor, and autonomic systems. Further studies are warranted to better elucidate its functional organization and clinical relevance.

Keywords: Reticular formation; brainstem; pain; motor control

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş Tarihi: 31.03.2026

Kabul Tarihi: 30.04.2026

Yayın Tarihi: 30.04.2026

Atf Bilgisi:

Kaya A, Karataş T. Retiküler Formasyonun Fonksiyonel Organizasyonu: Bilinç, Ağrı Modülasyonu ve Otonomik Düzenleme Üzerindeki Rolü. Journal of MTU. 2026;5(1):15-19.

<https://doi.org/10.58651/jomtu.1920018>

ÖZET

Amaç: Bu derlemenin amacı, retiküler formasyonun anatomik ve fonksiyonel organizasyonunu inceleyerek bilinç, ağrı modülasyonu, motor kontrol ve otonomik fonksiyonlar üzerindeki rolünü ortaya koymaktır.

Materyal ve Metod: Çalışmada ulusal ve uluslararası veri tabanlarında yer alan literatür taranmış, retiküler formasyonun yapısı ve fonksiyonlarına ilişkin klinik ve deneysel çalışmalar ile derlemeler değerlendirilmiştir.

Bulgular: Literatür bulguları, retiküler formasyonun çıkan retiküler aktivasyon sistemi aracılığıyla bilinç ve uyanıklık düzeyini düzenlediğini; raphe çekirdekleri ve periaqueductal gri madde ile olan bağlantıları sayesinde ağrı modülasyonunda rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca retikülospinal yollar aracılığıyla kas tonusu ve postürün düzenlenmesine katkı sağladığı, vestibüler sistem ve serebellum ile ilişkisi sayesinde denge ve koordinasyonda etkili olduğu belirlenmiştir. Otonomik fonksiyonlar açısından ise kardiyovasküler kontrol, solunum ve visseral aktivite-lerin düzenlenmesinde önemli rol oynadığı saptanmıştır.

Sonuç: Retiküler formasyon, bilinç, ağrı, motor ve otonomik sistemler arasında entegrasyon sağlayan temel bir nöroanatomik yapı olarak öne çıkmaktadır. Güncel çalışmalar, bu yapının fonksiyonel organizasyonunun daha iyi anlaşılması için ileri araştırmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Retiküler formasyon, beyin sapı, ağrı, motor aktivite

GİRİŞ

Retiküler formasyon (RF), beyin sapının mesencephalon, pons ve medulla oblongata segmentleri boyunca uzanan ve merkezi sinir sisteminin en kompleks entegratif ağlarından birini oluşturur. Yapısal olarak belirgin sınırlara sahip çekirdeklerden farklı olarak net anatomik sınırlara sahip değildir. Bunun yerine çok sayıda nöron grubunun oluşturduğu dağıntık ancak fonksiyonel olarak organize bir sistem şeklinde değerlendirilir. Literatürde bu yapının çok fazla fonksiyonel çekirdek ve alt bölge içerdiği, bu çekirdeklerin ise farklı nörotransmitter sistemleri aracılığıyla geniş bağlantılar kurduğu bildirilmektedir (1, 2).

Retiküler formasyon, spinal korddan gelen somatik ve visseral duyu, kranial sinir çekirdeklerinden gelen bilgiler, serebellum, bazal ganglionlar, hipotalamus ve serebral korteks gibi üst merkezlerden gelen girdiler retiküler formasyonda düzenlenir. Bu düzenleme sonucunda RF, hem çıkan (ascending) hem de inen (descending) yollar aracılığıyla merkezi sinir sisteminin farklı düzeylerini etkileyen yanıtlar oluşturur. Bu yönüyle retiküler formasyon, sadece pasif bir iletim merkezi değil, aynı zamanda iletileri düzenleyen bir merkezdir (3, 4).

Retiküler formasyonun en önemli fonksiyonlarından biri bilinç ve uyanıklık düzeyinin kontrolüdür. Bu görev, özellikle çıkan retiküler aktivasyon sistemi (Ascending Reticular Activating System, ARAS) aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu sistem aynı zamanda uyku-uyanıklık döngüsünün düzenlenmesinde de kritik öneme sahiptir. ARAS aktivitesinin azalması non-REM uykunun başlamasına katkı sağlar. Buna karşılık hipotalamustaki ventrolateral preoptik alan (VLPO) gibi yapılar, ARAS'ı inhibe ederek uykuya geçişi kolaylaştırır. Bu karşılıklı denge, sirkadiyen ritimlerle de ilişkili olup organizmanın çevresel ışık-karanlık döngüsüne uyumunu sağlar (1, 5, 6).

Klinik açıdan değerlendirildiğinde, retiküler formasyon ve ARAS'ın hasarı; travmatik beyin yaralanmaları, beyin sapı lezyonları, tümörler veya vasküler olaylar sonucunda ciddi bilinç bozukluklarına yol açabilir. Özellikle bilateral ARAS hasarı genellikle koma ile sonuçlanırken, daha sınırlı hasarlar konfüzyon, dikkat azalması veya uyku-uyanıklık düzensizlikleri şeklinde kendini gösterebilir. Sonuç olarak ARAS, retiküler formasyonun önemli fonksiyonel sistemlerinden biri olup, kortikal uyanıklığın sürdürülmesi, dikkat mekanizmalarının düzenlenmesi ve bilinç durumunun devamlılığı için gereken nöroanatomik ve nörofizyolojik altyapı sağlar (7, 8).

Motor sistem açısından retiküler formasyon, retikülospinal yollar aracılığıyla kas tonusu, refleks aktivite ve postürün düzenlenmesine katkıda bulunan temel yapılardan biridir. Bu etkisini özellikle pons ve bulbus'ta yer alan reticulospinal yollar üzerinden gerçekleştirir. Pontin retikülospinal yol genel olarak ekstansör kas tonusunu artırıcı ve postürü destekleyici bir etki gösterirken, bulboretikülospinal yol ise daha çok fleksör kas ak-

tivitesini uyaran ve ekstansör tonusu inhibe eden bir rol üstlenir. Bu iki sistem arasındaki denge, normal postürün korunması ve uygun motor yanıtların oluşturulması açısından oldukça öneme sahiptir. Vestibüler sistem ve cerebellum ile olan güçlü bağlantıları sayesinde retiküler formasyon, denge ve koordinasyonun sağlanmasında da rol oynar. Retiküler formasyon bu bilgileri entegre ederek özellikle aksiyal kaslar üzerinde etkili olur ve gövde stabilitesinin korunmasına katkıda bulunur. Bu entegrasyon sayesinde yürüyüş sırasında dengenin sağlanması, ani yön değişikliklerine uyum ve düşmenin önlenmesi gibi motor davranışlar mümkün hale gelir. İstimli hareketlerin başlatılması açısından retiküler formasyon, serebral korteks ve bazal ganglionlarla olan bağlantıları üzerinden dolaylı bir rol oynar. Motor korteksten gelen sinyaller retiküler formasyonda işlenerek spinal motor nöronlara iletilmeden önce modifiye edilebilir. Bu durum, hareketin sadece başlatılmasını değil aynı zamanda uygun kas gruplarının doğru sırayla aktive edilmesini de sağlar. Bu görevleri sayesinde organizmanın çevresel koşullara uygun, dengeli ve koordineli motor yanıtlar verebilmesi sağlanır(9-11).

Ağrı modülasyonu açısından retiküler formasyon, özellikle raphe çekirdekleri üzerinden inen inhibitör yollar aracılığıyla spinal düzeyde nosiseptif iletimi baskılayabilir. Bu etki, bulbus'ta bulunan raphe çekirdeklerinden köken alan liflerin spinal kordun arka boynuzuna (substantia gelatinosa) projekte olmasıyla gerçekleştirilir ve burada bulunan interneuronlar aracılığıyla A-delta ve C liflerinden gelen nosiseptif afferentlerin iletimi inhibe edilerek ağrı sinyalinin üst merkezlere ulaşması azaltılır. Bu mekanizma, merkezi sinir sisteminin "kapı kontrol" benzeri modülatör etkilerinden biri olarak değerlendirilebilir. Bu sistemin dinamik doğası, emosyonel durum, dikkat düzeyi, stres, anksiyete ve önceki deneyimler gibi üst merkezlerden gelen etkilerle sürekli olarak modüle edilmesine olanak tanır. Limbik sistem (özellikle amigdala ve hipokampus) ve prefrontal korteks üzerinden gelen girdiler, PAG ve retiküler formasyon aracılığıyla ağrı algısını belirgin şekilde değiştirebilir. Bu bağlamda, aynı nosiseptif uyarının farklı bireylerde ya da aynı bireyde farklı zamanlarda farklı şiddetlerde algılanması, retiküler formasyonun ve ilişkili inen modülasyon sistemlerinin esnekliği ile ilişkilidir. Dikkatin başka yöne yönlendirilmesi durumunda ağrının azalması ya da ağrıya odaklanıldığında artması gibi fenomenler de bu üst merkez-retiküler formasyon-spinal kord eksenindeki etkileşimlerin bir sonucudur. Sonuç olarak retiküler formasyon, ağrı sisteminde yalnızca pasif bir iletim yolu değil, aksine nosiseptif bilginin filtrelenmesi, güçlendirilmesi ya da baskılanması gibi süreçleri aktif olarak yöneten merkezi bir modülasyon merkezidir. (12-17).

Otonomik fonksiyonların düzenlenmesi de retiküler formasyonun görevleri arasında sayılabilir. Kardiyovasküler kontrol, solunum ritminin düzenlenmesi, gastrointestinal aktivite ve diğer

visseral fonksiyonlar retiküler formasyonun bulbus ve pons düzeyindeki çekirdekleri tarafından kontrol edilir. Özellikle solunum merkezleri ve vazomotor merkezler ile olan ilişkisi, yaşamın sürdürülebilmesi açısından oldukça önemlidir. Retiküler formasyon içerisinde yer alan bu otonomik merkezler, afferent visseral bilgileri nucleus tractus solitarius aracılığıyla alır ve bu bilgileri entegre ederek uygun efferent yanıtları oluşturur. Kardiyovasküler sistemin kontrolünde, medulla oblongata'da bulunan vazomotor merkez; damar tonusu, kalp hızı ve kan basıncının düzenlenmesinde kritik rol oynar. Bu merkez, sempatik ve parasempatik çıkışlar arasında denge sağlayarak homeostazın korunmasına katkıda bulunur. Solunumun düzenlenmesinde ise pons ve medulla oblongata'da yer alan solunum merkezleri retiküler formasyonun önemli bileşenleri olarak görev yapar. Bu merkezler, inspirasyon ve ekspirasyonun ritmik düzenlenmesini sağlar ve kandaki CO₂, O₂ ve pH değişimlerine duyarlı kemoreseptörlerden gelen bilgiler doğrultusunda solunum hızını ayarlar. Böylece organizmanın metabolik ihtiyaçlarına uygun gaz değişimi sağlanır. Klinik açıdan bakıldığında, retiküler formasyonun bu bölgelerinde meydana gelen lezyonlar ciddi ve yaşamı tehdit eden sonuçlara yol açabilir. Özellikle medulla oblongata düzeyindeki hasarlar solunum durması, kardiyovasküler instabilite ve ani ölümle sonuçlanabilir. Bu nedenle retiküler formasyon, yalnızca nörolojik değil, aynı zamanda hayati otonomik fonksiyonların da merkezi düzenleyicisi olarak kabul edilmektedir (1, 18-23)

Literatürde retiküler formasyonun bilinç, ağrı modülasyonu, motor kontrol ve otonomik fonksiyonlar üzerindeki etkilerini ayrı ayrı inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu fonksiyonların bütüncül bir yaklaşımla ele alındığı ve retiküler formasyonun merkezi sinir sistemi içerisindeki entegratif rolünü kapsamlı biçimde ortaya koyan çalışmalar sınırlıdır.

Bu nedenle bu derlemenin amacı, retiküler formasyonun anatomik ve fonksiyonel organizasyonunu sistematik bir çerçevede değerlendirerek bilinç, ağrı modülasyonu, motor kontrol ve otonomik fonksiyonlar üzerindeki bütünleştirici rolünü ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOT

Bu derleme, retiküler formasyonun yapısı ve fonksiyonlarına ilişkin literatürün sistematik olarak incelenmesiyle hazırlanmıştır. Bilinç ve uyanıklık düzeyinin düzenlenmesi, ağrı modülasyonu ve otonomik fonksiyonların kontrolü üzerine odaklanan klinik ve deneysel çalışmalar ile derlemeler değerlendirilmiş; elde edilen bulgular retiküler formasyonun merkezi sinir sistemi içerisindeki bütünleştirici rolü ve bu sistemin fizyolojik önemini ortaya koyacak şekilde özetlenmiştir.

Literatür taraması PubMed, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında 2000–2025 yılları arasında yayımlanan çalışmalar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tarama sırasında “retiküler formasyon”, “çıkan retiküler aktivasyon sistemi”, “ağrı modülasyonu”, “retikülospinal yollar” ve “otonomik düzenleme” anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

BULGULAR

İncelenen çalışmalar, retiküler formasyonun merkezi sinir sistemi içerisinde bütünleştirici bir rol üstlendiğini göstermektedir. Özellikle çıkan retiküler aktivasyon sisteminin (ARAS), kortikal uyanıklığın sürdürülmesi ve bilinç düzeyinin devamlılığında kritik bir rol oynadığı; bu sistemde meydana gelen hasarların ciddi bilinç bozukluklarına yol açtığı birçok çalışmada ortaya konmuştur(24, 25).

Ağrı modülasyonu açısından değerlendirildiğinde, retiküler formasyonun raphe çekirdekleri ve periaqueductal gri madde ile ilişkili inen yollar aracılığıyla nosiseptif iletimi hem inhibitör hem de fasilitatör mekanizmalarla modüle ettiği bildirilmektedir. Bu süreçte emosyonel ve bilişsel faktörlerin de etkili olduğu ve ağrı algısının dinamik bir şekilde düzenlendiği gösterilmiştir(26).

Motor sistem üzerindeki etkileri incelendiğinde, retikülospinal yolların kas tonusu ve postürün düzenlenmesinde temel rol oynadığı; vestibüler sistem ve serebellum ile olan bağlantılar aracılığıyla denge ve koordinasyonun sağlanmasına katkıda bulunduğu belirlenmiştir(27).

Otonomik fonksiyonlar açısından ise retiküler formasyonun kardiyovasküler kontrol, solunum ve visseral aktivitelerin düzenlenmesinde kritik rol oynadığı; bu fonksiyonların organizmanın homeostazının sürdürülmesi açısından hayati öneme sahip olduğu saptanmıştır(28).

TARTIŞMA

Retiküler formasyonun merkezi sinir sistemi içerisindeki çok yönlü fonksiyonları, bilinç, ağrı modülasyonu, motor kontrol ve otonomik düzenleme süreçlerinde kritik bir entegrasyon merkezi olduğunu göstermektedir. Ancak mevcut çalışmaların büyük bir kısmı deneysel veriler, hayvan modelleri ve sınırlı klinik gözlemlere dayanmaktadır. Literatürde retiküler formasyonun ağrı modülasyonu üzerindeki etkileri incelendiğinde, bazı çalışmaların inhibitör mekanizmaları ön plana çıkardığı, bazı çalışmaların ise fasilitatör etkileri vurguladığı görülmektedir. Bu durum, retiküler formasyonun ağrı üzerindeki etkisinin tek yönlü olmadığını, aksine dinamik ve duruma bağlı olarak değişebilen bir düzenleme mekanizması olduğunu düşündürmektedir (29-32). Farklı metodolojik yaklaşımlar ve heterojen veri kaynakları, elde edilen bulguların genellenmesini kısmen sınırlandırmaktadır. Ayrıca retiküler formasyon'un karma yapısı ve geniş bağlantı ağı, fonksiyonel alt bölgelerin kesin sınırlarla ayrılmasını güçleştirmektedir. Gelecekte yapılacak ileri nörogörüntüleme çalışmaları ve daha kapsamlı klinik araştırmalar, retiküler formasyonun fonksiyonel organizasyonu ile bilinç, ağrı ve otonomik sistemler arasındaki ilişkilerin daha net ortaya konmasına katkı sağlayacaktır.

Literatürde retiküler formasyonun fonksiyonel rolüne ilişkin bulgular incelendiğinde, özellikle ağrı modülasyonu ve bilinç düzenlenmesi bağlamında belirgin bir heterojenite olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin bazı çalışmalar retiküler formasyonun, özellikle raphe çekirdekleri ve periaqueductal gri madde ile olan bağlantıları aracılığıyla baskın olarak inhibitör etkiler gösterdiğini ileri sürerken, diğer çalışmalar aynı sistemin fasilitatör etkilerinin de en az inhibitör mekanizmalar kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır (16, 33). Benzer şekilde, Ascending Reticular Activating System üzerine yapılan araştırmalarda da bazı yazarlar bu sistemin bilinç düzeyinin sürdürülmesinde temel ve vazgeçilmez olduğunu belirtirken (6), diğer çalışmalar kortikal ve thalamic ağların bu süreçte daha belirleyici olabileceğini ileri sürmektedir (34, 35). Bu çelişkili bulguların temelinde, çalışmaların büyük ölçüde farklı deneysel modeller, farklı nörogörüntüleme teknikleri (fMRI, DTI) ve değişken klinik popülasyonlar kullanması yatmaktadır. Ayrıca retiküler formasyonun anatomik olarak sınırlarının net olmaması ve fonksiyonel alt bölgelerinin kesin olarak ayrıştırılamaması da sonuçların yorumlanmasını güçleştirmektedir.

SONUÇ

Retiküler formasyon, merkezi sinir sistemi içerisinde mesencephalon'dan medulla oblongata'ya kadar uzanan yaygın yapısı ve geniş bağlantı ağı sayesinde organizmanın temel fizyolojik süreçlerinin düzenlenmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu yapı, yalnızca sinyallerin iletilmesinde görev alan pasif bir sistem olmayıp, bilinç, ağrı modülasyonu, motor kontrol ve otonomik fonksiyonlar arasında dinamik bir entegrasyon sağlayan aktif bir düzenleyici merkezdir. Özellikle çıkan retiküler aktivasyon sistemi (ARAS) aracılığıyla bilinç ve uyanıklık düzeyinin sürdürülmesi, organizmanın çevresel uyarılara uygun yanıtlar verebilmesi açısından hayati öneme sahiptir. Ağrı modülasyonu açısından retiküler formasyonun, raphe çekirdekleri ve periaqueductal gri madde ile olan bağlantıları aracılığıyla nosiseptif iletimi düzenlediği; bu sistemin hem inhibitör hem de fasilitatör mekanizmalar içermesi nedeniyle ağrı algısının bireysel ve durumsal farklılıklar göstermesine katkı sağladığı anlaşılmaktadır. Aynı zamanda emosyonel ve bilişsel süreçlerin bu sistem üzerindeki etkisi, ağrı deneyiminin yalnızca periferik bir olay olmadığını, merkezi sinir sistemi düzeyinde şekillenen kompleks bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Motor sistem açısından retiküler formasyon, retikülospinal yollar aracılığıyla kas tonusu, postür ve refleks aktivitenin düzenlenmesine katkıda bulunurken; vestibüler sistem ve serebellum ile olan bağlantıları sayesinde denge ve koordinasyonun sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu yönüyle retiküler formasyon, istemli hareketlerin planlanmasından çok, bu hareketlerin uygun şekilde organize edilmesi ve sürdürülmesinde belirleyici bir yapı olarak öne çıkmaktadır. Otonomik fonksiyonlar bağlamında ise retiküler formasyon, kardiyovasküler kontrol, solunum ritmi ve visseral aktivite düzenlenmesinde merkezi bir rol üstlenmektedir.

Özellikle medulla oblongata ve pons düzeyindeki hayati merkezlerle olan ilişkisi, bu yapının yaşamın devamlılığı açısından vazgeçilmez olduğunu göstermektedir. Ayrıca retiküler formasyonun hipotalamus ve limbik sistem ile olan bağlantıları, stres, emosyon ve çevresel uyarılara bağlı otonomik yanıtların şekillendirilmesini mümkün kılmaktadır.

Sonuç olarak retiküler formasyon, merkezi sinir sisteminde farklı fonksiyonel sistemleri birbirine bağlayan ve organizmanın iç ve dış çevreye uyumunu sağlayan temel bir entegrasyon merkezidir. Günümüzde gelişen nörogörüntüleme teknikleri ve nörobilimsel araştırmalar, bu yapının fonksiyonel organizasyonunun daha ayrıntılı anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak ileri düzey çalışmaların, retiküler formasyonun bilinç, ağrı ve otonomik düzenleme üzerindeki etkilerini daha net ortaya koyması ve nörolojik hastalıkların patofizyolojisinin anlaşılmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Bu bağlamda retiküler formasyon, hem temel bilimler hem de klinik uygulamalar açısından önemini koruyan ve araştırılmaya devam edilmesi gereken temel bir nöroanatomik yapı olarak değerlendirilmektedir.

Etik Kurul Onayı: Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Finansal Kaynak: Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı: Fikir/Kavram: A.K., T.K. Tasarım: A.K., T.K. Denetleme/Danışmanlık: A.K., T.K.; Veri Toplama ve/veya İşleme: A.K.; Analiz ve/veya Yorum: A.K., T.K.; Kaynak Taraması: A.K.; Makalenin Yazımı: A.K.; Eleştirel İnceleme: T.K.

KAYNAKLAR

1. Mangold SA, Das JM. Neuroanatomy, reticular formation. StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2023.
2. Horn AK. The reticular formation. Progress in brain research. 2006;151:127-55.
3. Bowsher D. Role of the reticular formation in responses to noxious stimulation. Pain. 1976;2(4):361-78.
4. French J. The Reticular Formation: The Nature of the Reticular Activating System. Journal of neurosurgery. 1958;15(1):97-115.
5. Maldonato M, editor The ascending reticular activating system: the common root of consciousness and attention. Recent Advances of Neural Network Models and Applications: Proceedings of the 23rd Workshop of the Italian Neural Networks Society (SIREN), May 23-25, Vietri sul Mare, Salerno, Italy; 2014: Springer.
6. Taran S, Gros P, Gofton T, Boyd G, Briard JN, Chassé M, et al. The reticular activating system: a narrative review of discovery, evolving understanding, and relevance to current formulations of brain death. Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie. 2023;70(4):788-95.
7. Jang SH, Kim OL, Kim SH, Kim JB. The relation between loss of consciousness, severity of traumatic brain injury, and injury of ascending reticular activating system in patients with traumatic brain injury. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2019;98(12):1067-71.
8. Sciacca S, Lynch J, Davagnanam I, Barker R. Midbrain, pons, and medulla: anatomy and syndromes. Radiographics. 2019;39(4):1110-25.
9. Zaaami B, Dean LR, Baker SN. Different contributions of primary motor cortex, reticular formation, and spinal cord to fractionated muscle activation. Journal of neurophysiology. 2018;119(1):235-50.
10. Brownstone RM, Chopek JW. Reticulospinal systems for tuning motor commands. Frontiers in neural circuits. 2018;12:30.

11. Fregosi M, Contestabile A, Hamadjida A, Rouiller EM. Corticobulbar projections from distinct motor cortical areas to the reticular formation in macaque monkeys. *European Journal of Neuroscience*. 2017;45(11):1379-95.
12. Martins I, Tavares I. Reticular formation and pain: the past and the future. *Frontiers in neuroanatomy*. 2017;11:51.
13. Wang D. Reticular formation and spinal cord injury. *Spinal cord*. 2009;47(3):204-12.
14. Vanegas H, Schaible H-G. Descending control of persistent pain: inhibitory or facilitatory? *Brain research reviews*. 2004;46(3):295-309.
15. Porreca F, Ossipov MH, Gebhart G. Chronic pain and medullary descending facilitation. *Trends in neurosciences*. 2002;25(6):319-25.
16. Bannister K, Patel R, Hughes S. The descending modulation of pain. *Pain*. 2025;166(11S):S55-S9.
17. Heinricher M, Tavares I, Leith J, Lumb B. Descending control of nociception: specificity, recruitment and plasticity. *Brain research reviews*. 2009;60(1):214-25.
18. Kabakçı ADA, Saygın DA. Beyin Sapı (Truncus Cerebri/Encephali): Anatomi ve Fonksiyonel Bir Bakış. *Fonksiyonel Nöroanatomî ve Klinik Bağlantılar*. 2025:29.
19. Grill H, Hayes M. The nucleus tractus solitarius: a portal for visceral afferent signal processing, energy status assessment and integration of their combined effects on food intake. *International journal of obesity*. 2009;33(1):S11-S5.
20. Whitehead MC. Functional connections of the rostral nucleus of the solitary tract in viscerosensory integration of ingestion reflexes. *Nucleus of the solitary tract*: CRC Press; 2019. p. 105-18.
21. Cutsforth-Gregory JK, Benarroch EE. Nucleus of the solitary tract, medullary reflexes, and clinical implications. *Neurology*. 2017;88(12):1187-96.
22. Orquiza JC. The Importance of the Reticular Formation, Intermediolateral Nucleus, and Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis in Homeostasis and Cellular Organization.
23. Karim S, Chahal A, Khanji MY, Petersen SE, Somers VK. Autonomic cardiovascular control in health and disease. *Comprehensive physiology*. 2023;13(2):4493-511.
24. Kovalzon VM. Ascending reticular activating system of the brain. *Translational Neuroscience and Clinics*. 2016;2(4):275-85.
25. Yeo SS, Chang PH, Jang SH. The ascending reticular activating system from pontine reticular formation to the thalamus in the human brain. *Frontiers in human neuroscience*. 2013;7:416.
26. Yao D, Chen Y, Chen G. The role of pain modulation pathway and related brain regions in pain. *Reviews in the Neurosciences*. 2023;34(8):899-914.
27. Viseux F, Simoneau M, Pamboris GM, Sturbois-Nachef N, Bonnet CT, Carasco MM, et al. The Reticular formation: An integrative network for postural control. *Neurophysiologie Clinique*. 2025;55(5):103100.
28. Orquiza J. The Essential Interconnection of the Reticular Formation, Intermediolateral Nucleus, and Hypothalamus-Pituitary-Adrenal Axis: A Comprehensive View on Cellular Homeostasis. *International Journal of Psychiatry*. 2023.
29. Starinets A, Odrinskaya M, Manzhulo I, Milkina E. Morphochemical Characteristics of the Ventral Reticular Formation of the Medulla Oblongata Following Acute Pain Reaction and Diclofenac Therapy. *Cell and Tissue Biology*. 2025;19(4):336-46.
30. Bon E, Maksimovich NY, Zimatkin S, Hubarevich IY, Narbutovich A, Otlivanchik N. Functional Organization of The Reticular Formation. *Clinical Trials and Clinical Research*. 2025;4(1):1-4.
31. Glover IS, Baker SN. Both corticospinal and reticulospinal tracts control force of contraction. *Journal of Neuroscience*. 2022;42(15):3150-64.
32. Çiçek F, Uçar İ, Seber T, Demir FGÜ, Çiftçi AT. Investigation of the relationship of sleep disorder occurring in fibromyalgia with central nervous system and pineal gland volume. *Acta Neuropsychiatrica*. 2025;37:e17.
33. Gebhart G. Descending modulation of pain. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2004;27(8):729-37.
34. Schiff ND. Recovery of consciousness after brain injury: a mesocircuit hypothesis. *Trends in neurosciences*. 2010;33(1):1-9.
35. Halassa MM, Kastner S. Thalamic functions in distributed cognitive control. *Nature neuroscience*. 2017;20(12):1669-79.