

## DERLEME

## Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo'da Gözlenen Nistagmus ile Ekstraoküler Göz Kasları Arasındaki İlişki

Muhammed PINAR<sup>1</sup>, Füsün SUNAR<sup>2</sup>

## ÖZ

Ekstraoküler göz kasları (EOK), göz hareketlerini düzenleyerek dengenin sağlanabilmesi için göz ile baş hareketleri arasında uyumu sağlamaktadır. Benign paroksizmal pozisyonel vertigo (BPPV), baş hareketleri ile tetiklenen nistagmus oluşumuna yol açarak bu uyumu bozmaktadır. Nistagmus, vestibülooküler refleks (VOR) kaynaklı yavaş faz ile pontin paramedian retiküler formasyon (PPRF) kaynaklı hızlı fazın etkileşimi sonucu ortaya çıkar. BPPV'de gözlenen nistagmusun yorumlanmasında, EOK'ların izole klinik değerlendirmesinde kullanılan hareketler sonucunda isimlendirilen göz kaslarının yerine kasların anatomik görevleri göz önünde bulundurularak isimlendirmenin yapılması gerekmektedir. İsimlendirmenin yanlış yapılması BPPV'nin patofizyoloji anlaşılmasını zorlaştırabilir. Bu nedenle, BPPV tanı ve tedavisinin etkinliğini artırmak için nistagmus özelliklerinin bilinmesi ve etkilenen semisirküler kanala yönelik özelleştirilmiş manevraların uygulanması önemlidir. Bu doğrultuda derleme çalışmamızda BPPV'de gözlenen nistagmus ile ekstraoküler göz kaslarının anatomik hareketleri arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Benign paroksizmal pozisyonel vertigo; Nistagmus; Okülomotor kaslar; Vestibülo-oküler refleks

## Relationship Between Nystagmus and Extraocular Eye Muscles in Benign Paroxysmal Positional Vertigo

Muhammed PINAR<sup>1</sup>, Füsün SUNAR<sup>2</sup>

## ABSTRACT

Extraocular eye muscles (EOM) regulate eye movements and ensure harmony between eye and head movements for balance. Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) disrupts this harmony by causing nystagmus triggered by head movements. Nystagmus occurs as a result of the interaction between the slow phase originating from the vestibulo-ocular reflex (VOR) and the fast phase originating from the pontine paramedian reticular formation (PPRF). In the interpretation of nystagmus observed in BPPV, instead of naming the eye muscles as a result of movements used in the isolated clinical evaluation of EOMs, the anatomical functions of the muscles should be taken into consideration and the naming should be made. Incorrect naming may make it difficult to understand the pathophysiology of BPPV. Therefore, it is important to know the characteristics of nystagmus and to apply specialized maneuvers for the affected semicircular canal in order to increase the effectiveness of BPPV diagnosis and treatment. In this context, our review study revealed the relationship between the nystagmus observed in BPPV and the anatomical movements of the extraocular eye muscles.

**Keywords:** Benign paroxysmal positional vertigo; Nystagmus; Oculomotor muscles; Vestibulo-ocular reflex

<sup>1</sup>KTO Karatay Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Odyoloji Bölümü, Konya, Türkiye.

<sup>2</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıp Eğitimi ve Bilişimi Anabilim Dalı, Karaman, Türkiye.

**Sorumlu Yazar:** Muhammed PINAR

**E-posta adresi:** ody.muhammedpinar@gmail.com

**ORCID No:** 0000-0002-0899-5298

**Gönderi Tarihi:** 03.12.2024

**Kabul Tarihi:** 19.12.2024



## GİRİŞ

Benign paroksizmal pozisyonel vertigo (BPPV), periferik vertigonun en yaygın nedenlerinden biridir. BPPV, utrikülde yer alması gereken otokoniaların semisirküler kanallara (SSK) yer değiştirmesiyle oluşan iç kulakta mekanik bir bozukluktur. Otokoniaların utrikül zarından ayrılmasının ve kanallara geçmesinin arkasındaki kesin mekanizma ve nedeni hala bilinmemektedir (1). Tüm yaş grupları etkileyebilen BPPV, yerçekimine karşı baş pozisyonundaki değişikliklerle tetiklenir (2).

BPPV'nin etiolojisi ile ilgili en çok kabul gören hipotez, otokonia kalıntılarının utrikülden bir veya birkaç SSK'ların endolenfine doğru yerinden oynamasıdır. Endolenf içerisinde serbest halde bulunan otokonialar üç SSK'dan herhangi bir kanal içerisinde serbest halde dolaşması (kanalitiazis) veya kupular bölgeye yapışması (kupalolitiazis) sonucu ortaya çıkmaktadır. SSK'lara otokonia girdiği durumda SSK'lar yerçekimine duyarlı hale gelerek ilgili SSK'ların düzlemindeki baş hareketleri otokoniaları hareket ettirmektedir. Etkilenen SSK'ların içindeki kupula defleksiyon olarak sinirsel aktiviteyi artırır. Sonuç olarak, beyin sapı seviyesindeki vestibüler çekirdeklerde

uyumsuzluk oluşur ve pozisyonel baş dönmesi meydana gelmektedir (3,4,5).

Oküler stabiliteye katkı sağlayan vestibülooküler refleks (VOR), telafi edici göz hareketleriyle (nistagmus) aktive olur. Nistagmus, en az bir yavaş fazı olan ya da yavaş ve hızlı fazı birlikte olan istemsiz, hızlı, ritmik, salınımlı bir göz hareketidir (6). Pozisyonel nistagmus, optokinetik nistagmus, head-shaking, kalorik nistagmus gibi birçok nistagmus formu olmasına rağmen, VOR ile ilişkili olanına periferik vestibüler nistagmus denir. (7). Bu nistagmus türü, SSK'ların açılma ivmelenmeye karşı yanıt olarak ve periferik vestibüler sistem bozukluğu durumunda ortaya çıkar. Ortaya çıkan bu durum, baş hareket hızına eşit ve zıt bir nistagmus üretmekten ve ardından gözün ters yönde hızlı bir hareketinden oluşmaktadır. Vestibüler nistagmus, iki ana bileşenden oluşur. İlk bileşen, gözlerin baş dönüşünün tersi yönde yavaş bir hareketidir. Bu hareket "yavaş faz" olarak bilinir ve oluşmasında eksitator etki vardır. Yavaş faz, vestibüler sistem tarafından üretilir ve VOR'un başın hızlanmasına verdiği tepkidir. Yavaş fazı, "hızlı faz" adı verilen ikinci ve daha hızlı bir bileşen takip eder ve oluşmasında inhibitör etki

vardır. Hızlı faz, gözün ters yönde düzeltici bir hareketi olmadan göz hareket alanının sınırlarına ulaşır ve VOR'un işlevini durdurur. VOR'un hızlı bileşeni vestibüler sistem tarafından değil, sakkad sistemiyle ilişkili pontin paramedian retiküler formasyon (PPRF) tarafından üretilir. PPRF'nin devam eden VOR'u izlediği ve göz hareket alanında belirli bir konuma ulaştığında, patlama nöronlarının ateşlendiği ve gözü hızla ters yönde hareket ettirmektedir (8,9,10).

Ekstraoküler göz kaslarının hareketleri, BPPV'de oluşan nistagmusun yorumlanmasında kullanılmaktadır. Ekstraoküler göz kaslarının hareketleri klinik ortamda izole olarak ve anatomik görevlerine göre değerlendirilebilmektedir (11). Bu klinik ve anatomik değerlendirmeler incelendiğinde vertikal ve torsiyonel göz hareketlerinden sorumlu olan kas çiftlerinin isimlendirmesinin yer değiştirdiği görülmektedir. Bu çalışmanın amacı BPPV'de gözlenen, VOR ve PPRF sonucunda oluşan nistagmusun özelliklerini ve her bir SSK'a özgü olan ekstraoküler göz kaslarının anatomik hareketleri arasındaki ilişkiyi ele alarak üç farklı semisirküler kanalda otokonia hareketine bağlı olarak gözlenen nistagmus

hareketlerinde hangi ekstraoküler göz kaslarının yer aldığını açıklamaktır.

### **Ekstraoküler Göz Kasları ve Görevleri**

Vestibülooküler refleks sonucunda ortaya çıkan nistagmusun altında yatan patofizyolojiyi anlayabilmek için, göz hareketlerinden sorumlu periferik vestibüler sistemin oküler motor nöronlarla iletişimi sağlayan altı ekstraoküler (EOK) kasın anatomik görevlerini bilmek gerekmektedir (12). SSK'larda yer alan vestibüler reseptör hücrelerden gelen girdiler vestibüler çekirdeğe aktarılır; ipsilateral ve kontralateral okülomotor çekirdeklere giden uyarılar ile bir taraftaki ekstraoküler kas uyarılırken (kasılırken), karşı tarafta bulunan kasın eşi inhibe (gevşeme) olarak baş hareketinin ters yönüne doğru olan konjuge göz hareketleri oluşur (13,14). Ekstraoküler göz kas çiftlerinden olan musculus rektus lateralis ve musculus rektus medialis horizontal göz hareketlerini, musculus rektus superior ve musculus rektus inferior vertikal göz hareketlerini, musculus obliquus superior ve musculus obliquus inferior ise torsiyonel göz hareketleri kontrol etmektedir (15,16). Altı ekstraoküler kasın bir dizi kasılma ve gevşeme

hareketleri üç eksen üzerinde hareket etmektedir. Bu eksenler yatay (z ekseni), dikey (y ekseni), torsiyonel (x ekseni) olarak bilinmektedir. Bu göz kas çiftleri çiftli agonist ve antagonistler olarak bilinmektedirler. Agonist kas gözü hedef yönüne çekerken antagonist kas, gözü hedef üzerinden uzaklaştırmaktadır. Bir çiftteki her kas, gözü aynı düzlemde, ancak zıt yönde hareket ettirir. Örneğin musculus rektus medialis kası kasıldığında, karşı taraftaki musculus rektus lateralis gevşemektedir. EOK'ların düzeni, gözün horizontal düzlemde sağa ve sola, dikey düzlemde yukarıya ve aşağıya, üçüncül hareket olarak torsiyonel hareket etmesini sağlar (10,17,18).

BPPV'nin altında yatan patofizyolojisinin anlayabilmek için EOK'larının anatomik hareketlerinin bilinmesi gerekmektedir. Horizontal düzlemdeki göz hareketlerinden sorumlu olan musculus rektus medialis'in ilk görevi addüksiyon hareketini oluştururken; musculus rektus lateralis'in ilk görevi abdüksiyon hareketini oluşturmaktır. Vertikal düzlemdeki göz hareketlerinden sorumlu olan musculus rektus superior'un ilk görevi elevasyon hareketini oluştururken ayrıca intorsiyon ve addüksiyon

hareketlerini de yapmaktadır. Musculus rektus inferior'un ilk görevi depresyon hareketini oluştururken extorsiyon ve addüksiyon hareketlerini de yapmaktadır. Torsiyonel göz hareketlerinden sorumlu olan musculus obliquus superior'un ilk görevi intorsiyon hareketini oluştururken ayrıca depresyon ve abdüksiyon hareketlerini de yapmaktadır. Musculus obliquus inferior'un ilk görevi extorsiyon hareketini oluştururken ayrıca elevasyon ve abdüksiyon hareketlerini de yapmaktadır. (19,20,21).

EOK'larını anatomik görevlerine göre ve her bir EOK izole olarak değerlendirildiğinde musculus rektus medialis ve musculus rektus lateralis haricindeki vertikal ve torsiyonel göz hareketlerinden sorumlu EOK'larının isimlendirmesinin yer değiştiği gözlenmektedir. Musculus rektus lateralis kasının klinik ortamda izole olarak değerlendirilmek istendiğinde ilgili gözün laterale doğru, musculus rektus medialis kasını izole olarak değerlendirmek için ilgili gözün mediale doğru baktırılması gerekmektedir. Musculus rektus superior ve musculus obliquus inferior kaslarının görevleri arasında elevasyon hareketi yer alması nedeniyle göz küresi yukarı

hareket ettiğinde her iki kas aktive olur. İlgili göz küresi laterale alınıp yukarı baktırıldığında izole olarak musculus rektus superior kası, ilgili göz küresi mediale alınıp yukarı baktırıldığında ise musculus obliquus inferior kası izole olarak değerlendirilmektedir. Musculus rektus inferior ve musculus obliquus superior kaslarının görevleri arasında depresyon hareketi yer alması nedeniyle göz küresi aşağıya doğru hareket ettiğinde her iki kas aktive olur. İlgili göz küresi laterale alınıp aşağıya baktırıldığında izole olarak musculus rektus inferior kası, ilgili göz küresi mediale alınıp aşağıya baktırıldığında ise musculus obliquus superior kası izole olarak değerlendirilmektedir (22,23).

### **BPPV ile Ekstraoküler Göz Kaslarının Arasındaki İlişki**

BPPV, yerçekimine göre baş pozisyonunda belirli değişikliklerle ortaya çıkan kısa süreli vertigo ve nistagmus karakterizedir. Periferik vestibüler sistem ile ilişkili BPPV, vertigosu olan hastaların yaklaşık olarak %17 ile %42'sinde görülmekte ve en yaygın posterior semisirküler kanalı etkilemektedir (24,25). Vakalar içerisinde posterior kanal BPPV (PC BPPV) %80-%90'ını, horizontal

kanal BPPV (HC BPPV) %5-%15'ini ve anterior kanal BPPV (AC BPPV) ise %1-%2'sini oluşturmaktadır (26).

BPPV şüphesi olan hastalara değerlendirme manevraları uygulanmaktadır (27). PC BPPV değerlendirilmesi için Dix-Hallpike ya da Side Lying, AC BPPV değerlendirilmesi için Dix-Hallpike ya da Straight-Back Head- Hanging (SBHH), HC BPPV değerlendirilmesi için ise Supine Head-Roll (Pagnini-McClure) manevrasının kullanılması gerekmektedir. Manevralar neticesinde etkilenen kanal doğrultusunda yavaş ve hızlı fazı olan nistagmus oluşmaktadır (28,29).

PC BPPV kanalitiazis formu için kullanılan Dix-Hallpike değerlendirme manevrasında sırt üstü yatış pozisyonunda yatırılan tarafa doğru torsiyonel yukarı çakan nistagmusun görülmesi, oturur pozisyonda tersine torsiyonel aşağı çakan nistagmusun görülmesi ve nistagmusun süresinin bir dakikadan daha az olması pozitif PC BPPV bulgusu olarak bilinmektedir (30). AC BPPV kanalitiazis formu için kullanılan Dix-Hallpike değerlendirme manevrasında sırt üstü yatış pozisyonunda yatırılan tarafa doğru torsiyonel

aşağı çakan nistagmusun görülmesi, oturur pozisyonda tersine torsiyonel yukarı çakan nistagmusun görülmesi ve nistagmusun süresinin bir dakikadan daha az olması pozitif AC BPPV bulgusu olarak bilinmektedir (31). HC BPPV kanalitiazis formu için Supine Head-Roll manevrasında geotropik nistagmus meydana gelmektedir. Örneğin hastada sağa çakan horizontal nistagmus varsa sırt üstü yatış pozisyonunda başın sağa doğru döndürüldüğü pozisyonda nistagmus uyarılmaktadır. Hastada sola çakan horizontal nistagmus varsa yine aynı pozisyonda başın sola doğru döndürüldüğü pozisyonda nistagmus uyarılmaktadır. Eğer hastada her iki tarafta da nistagmus gözlemleniyorsa ve etkilenen taraf belirlenmek isteniyorsa nistagmusun şiddetinin daha fazla olduğu tarafa bakılması gerekmektedir. HC BPPV kupulolitiazis formu için Supine Head-Roll manevrasında apogeotropik nistagmus meydana gelmektedir. Örneğin hastada sağa çakan horizontal nistagmus varsa sırt üstü yatış pozisyonunda başın sola doğru döndürüldüğü pozisyonda nistagmus uyarılmaktadır. Hastada sola çakan horizontal nistagmus varsa yine aynı

pozisyonda başın sağa doğru döndürüldüğü pozisyonda nistagmus uyarılmaktadır. Eğer hastada her iki tarafta da nistagmus gözlemleniyorsa ve etkilenen taraf belirlenmek isteniyorsa nistagmusun şiddetinin daha az olduğu tarafa bakılması gerekmektedir. HC BPPV kanalitiazis ve kupulolitiazis formunda nistagmusun süresi bir dakikadan daha azdır (28,32).

PC BPPV'de ipsilateral musculus obliquus superior, kontralateral musculus rectus inferior aktive olarak VOR kaynaklı nistagmusun yavaş fazı oluşmaktadır. VOR kaynaklı göz hareketine karşı ipsilateral musculus obliquus inferior, kontralateral musculus rectus superior aktive olarak PPRF ile nistagmusun hızlı fazı oluşmaktadır. AC BPPV'de ipsilateral musculus rectus superior, kontralateral musculus rectus inferior aktive olarak VOR kaynaklı nistagmusun yavaş fazını oluşmaktadır. VOR kaynaklı göz hareketine karşı ipsilateral musculus rectus inferior, kontralateral musculus obliquus superior aktive olarak PPRF ile nistagmusun hızlı fazı oluşmaktadır. HC BPPV'de ipsilateral musculus rectus medialis, kontralateral musculus rectus

lateralis aktive olarak VOR kaynaklı nistagmusun yavaş fazını oluşturmaktadır. VOR kaynaklı göz hareketine karşı ipsilateral musculus rectus lateralis, kontralateral musculus rectus medialis aktive olarak PPRF ile nistagmusun hızlı fazını oluşturmaktadır (9,10).

BPPV'de uygulanan vestibüler rehabilitasyon terapisi (VRT), esas olarak baş göz ve gövde hareketlerini teşvik eden ve akut periferik disfonksiyonu olan hastaların iyileşmesini hızlandıran fiziksel terapilerden oluşmaktadır (33).

PC BPPV ile tanımlanan hastaların VRT tedavisinde canalith re-positioning (CRP) manevrası olarak bilinen Epley manevrası ya da liberatory manevrası olarak bilinen Semont manevrası kullanılmaktadır (34). HC BPPV kanalitiazis formu için hastaların VRT tedavisinde Barbeque Roll manevrası kullanılırken, HC BPPV kupulolitiazis formunda Gufoni manevrası kullanılmaktadır (26). AC BPPV ile tanımlanan hastaların VRT tedavisinde etkilenen taraf belirliyse Kim manevrası, etkilenen taraf belirlenemediği durumlarda Yacovino manevrası kullanılmaktadır (10). Uygulanan VRT tedavisinin etkinliğinin değerlendirilmesinde hastalara tekrar

değerlendirme manevraları kullanılmakta ve oluşan nistagmuslar incelenmektedir. Nistagmus oluşmadığı durumda hastaya uygulanan rehabilitasyon manevrasının etkin olduğu bilinmektedir (35,36).

## SONUÇ

Ekstraoküler göz kasları, göz hareketlerini oluşturarak denge sistemine katkı sağlamaktadır. Dengenin sağlanabilmesi için göz hareketleri ve baş hareketleri arasında uyumun olması gerekmektedir. BPPV'nin neden olduğu durumlarda ise nistagmus meydana gelerek bu uyumu bozmaktadır. Nistagmusun oluşmasında VOR kaynaklı yavaş faz ve PPRF kaynaklı hızlı faz rol oynamaktadır. BPPV'de gözlenen nistagmusun yorumlanmasında EOK'ların anatomik hareketlerine göre değerlendirilmesi gerekmektedir. EOK'larının klinik ortamda izole olarak değerlendirme ve çeşitli görevlere sahip olduğu anatomik hareketleri incelendiğinde musculus rectus superior ve musculus obliquus inferior kaslarının ayrıca musculus rectus inferior ve musculus obliquus superior kaslarının isimlendirmesinde ters yerleşimin olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu yanlış isimlendirme

BPPV'nin patofizyolojisinin anlamayı zorlaştırabilmektedir. BPPV tanı ve rehabilitasyonun etkinliğini artırmak için, hastalarda gözlenen nistagmusun özellikleri bilinmesi ve etkilenen semisirküler kanal türüne göre özelleştirilmiş manevraların uygulanması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Bhandari A, Kingma H, Bhandari R. BPPV simulation: a powerful tool to understand and optimize the diagnostics and treatment of all possible variants of BPPV. *Front Neurol.* 2021; 12: 632286.
- Koohi N, Male AJ, Kaski D. Acute positional vertigo in the emergency department—peripheral vs. central positional nystagmus. *Front Neurol.* 2023; 14: 1266778.
- Altın B, Aksoy S. Kafa travmasına bağlı benign paroksizmal pozisyonel vertigo ve klinik özellikleri. *Türk Odyoloji ve İsttme Arastirmalari Derg.* 2020; 3(3) :14-7.
- Retamal SR, Díaz PO, Fernández AM, Muñoz CG, Espinoza MR, Araya VS, Rivera JT. Assessment protocol and reference values of vestibulo-ocular reflex (VOR) gain in the horizontal plane recorded with video-Head Impulse Test (vHIT) in a pediatric population. *CoDAS.* 2021;3 3(4): e20202020076.
- Rasmussen MB, Sørensen R, Hougaard DD. Positional nystagmus is observed in the vast majority of healthy individuals. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2024; 281: 3499-3507.
- Eggers SD, Bisdorff A, Von Brevern M, Zee DS, Kim JS, Perez-Fernandez N, et al. Classification of vestibular signs and examination techniques: nystagmus and nystagmus-like movements. *J Vestib Res.* 2019; 29(2-3): 57-87.
- Tarnutzer AA, Straumann D. Nystagmus. *Curr Opin Neurol.* 2018; 31(1): 74-80.
- Zaidi SH, Sinha A. *Vertigo: A clinical guide.* Berlin: Springer; 2013. pp. 33-4.
- Jacobson GP, Shepard NT. *Balance function assessment and management.* San Diego: Plural Publishing; 2016.
- McCaslin DL. *Electronystagmography/videonystagmography (ENG/VNG).* San Diego: Plural Publishing; 2020.
- Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. *Clinically oriented anatomy.* Wolters Kluwer; 2018. pp. 2045-50.
- Katz J, Chasin M, English K, Hood LJ, Tillery KL. *Handbook of clinical audiology.* Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015. pp. 381-9.
- Desmond AL. *Vestibular function: evaluation and treatment.* New York: Thieme Medical Publishers; 2004. pp. 21-43.
- Önerci M. *Kulak burun boğaz baş boyun cerrahisi: nörotooloji.* Ankara: Hacettepe Üniversitesi Basımevi; 2016. pp. 393-422.
- Wei Q, Sueda S, Pai DK. Physically-based modeling and simulation of extraocular muscles. *Prog Biophys Mol Biol.* 2010; 103(2-3): 273-83.
- Hamill TA, Price LL. *The hearing sciences.* San Diego: Plural Publishing; 2019. pp. 383-397.
- Zhang N, He X. Understanding the extraocular muscles and oculomotor, trochlear, and abducens nerves through a simulation in physical examination training: an innovative approach. *J Chiropr Educ.* 2010; 24(2): 153-8.
- Khadia A, Thangaraju D, Gupta I, Mouttappa F, Veena K, Rengaraj V, John VS. *EyeBall simulator for extraocular muscles.* *Indian J Ophthalmol.* 2023; 71(2): 653-6.
- Paulsen F, Waschke J. *Sobotta Atlas of Human Anatomy: Latin Nomenclature, General Anatomy and Musculoskeletal System.* München: Elsevier Urban & Fischer; 2011. p. 100-131.
- Lam CK, Sundaraj K, Sulaiman MN. Virtual simulation of eyeball and extraocular muscle reaction during cataract surgery. *Procedia Eng.* 2012; 41:1 50-5.
- Zalewski CK. *Rotational vestibular assessment.* San Diego: Plural Publishing; 2018. pp. 91-105.
- Dartt DA, Bex P, D'Amore P, Dana R, McLoon L, Niederkorn J. *Ocular periphery and disorders.* San Diego: Elsevier Science & Technology; 2011. pp. 1-48.
- Singh V. *Textbook of Anatomy: Head, Neck and Brain.* India: Elsevier; 2014. pp. 289-300.
- Ping L, Yi-Fei Z, Shu-Zhi W, Yan-Yan Z, Xiao-Kai Y. Diagnosis and treatment of the short-arm type posterior semicircular canal BPPV. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2022; 88: 733-9.
- Kim HJ, Kim JS, Choi KD, Choi SY, Lee SH, Jung I, Park JH. Effect of self-treatment of recurrent benign paroxysmal positional vertigo: a randomized clinical trial. *JAMA Neurol.* 2023; 80(3): 244-50.
- Power L, Murray K, Szmulewicz DJ. Characteristics of assessment and treatment in benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *J Vestib Res.* 2020; 30(1): 55-62.
- Stach BA, Ramachandran V. *Clinical audiology: An introduction.* San Diego: Plural Publishing; 2021. pp. 528-57.
- Öztürk B, Güleç M, Deveci TN, Güler MT. Benign paroksizmal pozisyonel vertigo: patofizyoloji, değerlendirme ve tanılama. *Türk Odyoloji ve İsttme Arastirmalari Derg.* 2019; 2(1): 18-28.
- Libonati GA, Martellucci S, Castellucci A, Malara P. Minimum Stimulus Strategy: A step-by-step diagnostic approach to BPPV. *J Neurol Sci.* 2022;434:120158. doi: 10.1016/j.jns.2022.120158.
- Califano L, Mazzone S, Salafia F, Melillo MG, Manna G. Less common forms of posterior canal benign paroxysmal positional vertigo. *ACTA Otorhinolaryngol Ital.* 2021; 41(3): 255.
- Horasanlı B, Aktaş S. Benign Paroksizmal Pozisyonel Vertigo. *KTO Karatay Univ Sag Bil Derg.* 2023; 4(1): 46-57.
- Selçuk A, Akdoğan Ö, Özcan I, Dere H. Benign paroksizmal pozisyonel vertigoda patofizyolojiye göre uygun tedavinin belirlenmesi. *KBB-Forum.* 2008; 7(1): 52-8.
- Vats AK, Kothari S, Biswas A. Vestibular rehabilitation of the persons affected by benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) by physical therapy and repositioning maneuvers. *Ann Indian Acad Neurol.* 2023; 26(1): 1-9.
- Yetiser S, Salturk Z. A review of the efficacy of therapeutic maneuvers in posterior canal benign paroxysmal positional vertigo. *Clin Med Res.* 2022; 20(3): 153-63.
- Herdman SJ, Clendaniel RA. *Vestibular rehabilitation.* Philadelphia: F. A. Davis Company; 2014. pp. 2-50.
- Ardıç FN. *Vertigo.* İzmir: US Akademi; 2019. pp. 41-42.