

Functional Recovery in Balance and Mobility After Vestibular Rehabilitation in a Patient with Posterior Canal BPPV: An Case Report

Laksmi Dewi Adzillina^{*}, Alifa Dinda Nurrina, Ragil Aidil Fitriarsari, Mianti Nurriszky, Aditya Hans Suwignjo

Universitas Telogorejo Semarang, Jl. Puri Anjasmoro / Jl. Arteri Yos Sudarso, Tawangmas, Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50144

**Penulis Korespondensi:* laksmi@universitastelogorejo.ac.id

Abstract. Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) is a common cause of peripheral vestibular dysfunction, often resolving with canalith repositioning maneuvers (CRM). However, residual dizziness and imbalance may persist, impairing functional mobility. This case report describes a 55 year old female diagnosed with right posterior canal BPPV through a positive Dix Hallpike test. Following successful CRM, she reported residual postural instability and difficulty walking. A structured four week vestibular rehabilitation therapy (VRT) program was implemented, consisting of habituation (Brandt Daroff), adaptation (gaze stability, VOR x1, VOR x2), sensory substitution, and progressive balance training, delivered three times weekly for 45 minutes per session. Balance and mobility were assessed using the Berg Balance Scale (BBS) and Timed Up and Go (TUG) test at baseline and after the intervention. Results showed improvement in BBS from 42/56 to 53/56 (+11 points) and a reduction in TUG from 14.8 to 9.6 seconds (–5.2 seconds), both exceeding minimal detectable change values for older adults. The patient reported complete resolution of dizziness, increased walking confidence, and return to independent daily activities without adverse effects. This case suggests VRT as a valuable adjunct to CRM in BPPV patients with residual functional deficits, warranting further research in larger controlled studies.

Keywords: BPPV; CARE Guidelines; Balance; Case Report; Mobility; Vestibular Rehabilitation Therapy.

Abstrak. Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) merupakan penyebab umum disfungsi vestibular perifer yang umumnya membaik dengan manuver reposisi kanalit (canalith repositioning maneuvers/CRM). Namun, sebagian pasien masih mengalami pusing sisa dan gangguan keseimbangan yang memengaruhi mobilitas fungsional. Laporan kasus ini menggambarkan seorang wanita berusia 55 tahun dengan diagnosis BPPV kanal posterior kanan melalui uji Dix–Hallpike positif. Setelah CRM berhasil dilakukan, pasien tetap melaporkan ketidakstabilan postur dan kesulitan berjalan. Program vestibular rehabilitation therapy (VRT) terstruktur selama empat minggu diterapkan, mencakup latihan habituasi (Brandt–Daroff), adaptasi (stabilisasi pandangan, VOR x1, VOR x2), substitusi sensoris, dan latihan keseimbangan progresif, diberikan tiga kali seminggu selama 45 menit per sesi. Keseimbangan dan mobilitas diukur menggunakan Berg Balance Scale (BBS) dan Timed Up and Go (TUG) sebelum dan sesudah intervensi. Hasil menunjukkan peningkatan BBS dari 42/56 menjadi 53/56 (+11 poin) dan penurunan TUG dari 14,8 menjadi 9,6 detik (–5,2 detik), keduanya melampaui nilai minimal detectable change (MDC) pada populasi lansia. Pasien melaporkan hilangnya pusing, peningkatan kepercayaan saat berjalan, dan kembalinya kemandirian aktivitas sehari-hari tanpa efek samping. Temuan ini mendukung VRT sebagai terapi tambahan pada pasien BPPV dengan defisit fungsional sisa, yang perlu diteliti lebih lanjut pada studi terkontrol berskala besar.

Kata kunci: Benign Proxysmal Positional Vertigo, Berg Balance Scale, Keseimbangan, Mobilitas, Vestibular Rehabilitation.

1. LATAR BELAKANG

Benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) merupakan gangguan vestibular perifer yang paling sering ditemukan di praktik klinis (Balatsouras et al., 2018)(von Brevern et al., 2017). Kondisi ini ditandai dengan episode singkat vertigo yang dipicu oleh perubahan posisi kepala terhadap gravitasi (Kao et al., 2017)(Halker et al., 2008). Penyebab tersering adalah terlepasnya otokonia dari utrikulus ke dalam salah satu kanalis semisirkularis, terutama kanalis

posterior, yang mengganggu aliran endolimfa dan memicu stimulasi abnormal pada saraf vestibular (Faralli et al., 2016).

BPPV menyumbang sekitar 17–42% dari seluruh kasus vertigo, dengan insidensi tahunan 10,7–64 per 100.000 penduduk, dan prevalensinya meningkat seiring usia (Kao et al., 2017)(Halker et al., 2008). Meskipun tidak mengancam jiwa, BPPV dapat menurunkan kualitas hidup, meningkatkan risiko jatuh, serta membatasi kemandirian fungsional (Chen et al., 2021).

Penatalaksanaan utama BPPV adalah canalith repositioning maneuver (CRM), seperti manuver Epley atau Semont, yang umumnya efektif mengatasi vertigo posisi (Prokopakis et al., 2013). Namun, sebagian pasien tetap mengalami gejala sisa berupa pusing ringan, ketidakstabilan postural (Büki et al., 2011), dan penurunan mobilitas meskipun uji posisi sudah negatif (Lopez-Escamez et al., 2006). Gejala sisa ini dapat disebabkan oleh kompensasi sentral yang tidak optimal, penurunan input vestibular, dan adaptasi multisensoris yang belum sempurna (Hall et al., 2016).

Vestibular rehabilitation therapy (VRT) merupakan pendekatan rehabilitasi yang dirancang untuk memfasilitasi kompensasi sentral, meningkatkan stabilitas pandangan, mengurangi sensitivitas gerakan, dan memperbaiki kontrol postural. Bukti dari uji klinis acak dan tinjauan sistematis menunjukkan VRT efektif dalam meningkatkan keseimbangan dan mobilitas pada berbagai gangguan vestibular, termasuk pada pasien dengan hipofungsi vestibular unilateral (Hall et al., 2016). Namun, laporan kasus terstruktur mengenai penerapan VRT pada pasien BPPV kanal posterior dengan gejala sisa pasca CRM masih terbatas, khususnya di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

A. Benign Paroxysmal Position Vertigo (BPPV)

BPPV adalah gangguan vestibular perifer yang ditandai oleh serangan vertigo singkat yang dipicu perubahan posisi kepala terhadap gravitasi. Secara patofisiologi, BPPV disebabkan oleh otokonia (kristal kalsium karbonat) yang terlepas dari utrikulus dan berpindah ke kanalis semisirkularis. Pada BPPV kanal posterior, otokonia yang mengapung di endolimfa memicu aliran cairan abnormal saat terjadi perubahan posisi kepala, sehingga menstimulasi reseptor vestibular secara berlebihan dan menghasilkan gejala vertigo. Diagnosis ditegakkan dengan manuver provokasi seperti Dix Hallpike test yang menunjukkan nystagmus karakteristik.

B. Canalith Repositioning Manuever (CRM)

CRM, seperti Epley maneuver atau Semont maneuver, bertujuan mengembalikan otokonia ke utrikulus sehingga gejala vertigo mereda. Efektivitas CRM tinggi, dengan tingkat keberhasilan mencapai 70–90% pada terapi pertama. Meskipun demikian, penelitian menunjukkan hingga 31–61% pasien masih mengalami gejala sisa seperti pusing ringan dan gangguan keseimbangan meskipun hasil tes posisi sudah negatif.

C. Gejala Pasca BPPV

Gejala sisa dapat berupa ketidakstabilan postural, gangguan berjalan, dan rasa melayang (*lightheadedness*). Mekanismenya diperkirakan melibatkan:

- **Kompensasi sentral yang tidak optimal**, sehingga otak belum sepenuhnya menyesuaikan diri dengan input sensoris baru.
- **Hipofungsi vestibular sementara** akibat perubahan fungsi kanalis setelah pergeseran otokonia.
- **Gangguan integrasi multisensoris** antara sistem vestibular, visual, dan somatosensorik

D. Vestibular Rehabilitation Therapy (VRT)

VRT adalah serangkaian latihan yang bertujuan memfasilitasi adaptasi, habituasi (Schlick et al., 2016), dan substitusi sensoris untuk meningkatkan fungsi vestibular dan postural. Prinsip utama VRT meliputi:

- **Latihan adaptasi**: meningkatkan respons *vestibulo ocular reflex* (VOR) melalui latihan stabilisasi pandangan (VOR x1, VOR x2).
- **Latihan habituasi**: mengurangi respons pusing terhadap gerakan yang memicu gejala, seperti latihan Brandt Daroff.
- **Latihan substitusi**: mengoptimalkan input visual dan somatosensoris untuk menggantikan input vestibular yang terganggu.
- **Latihan keseimbangan progresif**: melatih kontrol postural di permukaan stabil maupun tidak stabil (Popkirov et al., 2018).

E. Pengukuran Keseimbangan dan Mobilitas

Dua instrumen yang banyak digunakan adalah:

- **Berg Balance Scale (BBS):** mengukur kemampuan keseimbangan statis dan dinamis, dengan skor maksimal 56. Peningkatan $\geq 2-3$ poin dianggap bermakna secara klinis.
- **Timed Up and Go (TUG):** mengukur waktu yang dibutuhkan untuk berdiri dari duduk, berjalan 3 meter, berbalik, kembali, dan duduk. Perubahan ≥ 3 detik dianggap signifikan

F. Relevansi Studi Kasus

Studi kasus ini memperkuat bukti bahwa VRT dapat memberikan perbaikan fungsional signifikan pada pasien BPPV dengan gejala sisa pasca CRM. Hasil ini sejalan dengan tinjauan sistematis yang merekomendasikan VRT sebagai intervensi tambahan untuk meminimalkan disabilitas dan risiko jatuh pada pasien vestibular.

3. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain **laporan kasus observasional** (*observational case report*) yang disusun mengikuti pedoman **CARE (Case Report) Guidelines**.

B. Subjek Penelitian

Subjek adalah seorang wanita berusia 55 tahun yang didiagnosis **BPPV kanal posterior kanan** berdasarkan hasil **Dix Hallpike test** positif dengan nistagmus torsional upbeating yang khas. Pasien tidak memiliki riwayat gangguan neurologis, gangguan penglihatan berat, atau penyakit muskuloskeletal yang signifikan.

C. Prosedur Diagnostik

Diagnosis ditegakkan melalui anamnesis, pemeriksaan fisik, dan tes provokasi posisi. Penilaian awal dilakukan segera setelah **canalith repositioning maneuver (CRM)** berhasil menghilangkan gejala vertigo posisi, untuk mengidentifikasi adanya **gejala sisa** berupa ketidakstabilan postural dan gangguan mobilitas.

D. Intervensi

Pasien menjalani program **vestibular rehabilitation therapy (VRT)** terstruktur selama 4 minggu, dengan frekuensi 3 kali per minggu, durasi 45 menit per sesi. Program meliputi:

- **Latihan habituasi:** Brandt Daroff.
- **Latihan adaptasi:** stabilisasi pandangan (VOR x1, VOR x2).
- **Latihan substitusi sensoris:** meningkatkan pemanfaatan input visual dan somatosensorik.
- **Latihan keseimbangan progresif:** di permukaan stabil dan tidak stabil. Selain sesi tatap muka, pasien diberikan program latihan rumah (*home exercise program*) yang diulang setiap hari.

E. Pengukuran Hasil

Hasil diukur pada awal (post-CRM, pre-VRT) dan akhir intervensi (minggu ke-4) menggunakan:

- **Berg Balance Scale (BBS)** untuk menilai keseimbangan statis dan dinamis (skor 0–56).
- **Timed Up and Go (TUG)** untuk menilai mobilitas fungsional (dalam detik). Perubahan ≥ 2 –3 poin pada BBS dan ≥ 3 detik pada TUG dianggap bermakna secara klinis.

F. Pertimbangan Etika

Pasien memberikan persetujuan tertulis (*informed consent*) untuk mengikuti program rehabilitasi dan publikasi laporan kasus ini dengan menjaga kerahasiaan identitas. Penelitian ini mengikuti prinsip **Deklarasi Helsinki**.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

Karakteristik Pasien

Pasien adalah seorang wanita berusia 55 tahun, dengan keluhan awal pusing berputar yang dipicu perubahan posisi kepala, terutama saat berbaring dan bangun dari posisi tidur. Hasil **Dix–Hallpike test** menunjukkan nistagmus torsional-upbeating khas yang mengarah pada diagnosis **BPPV kanal posterior kanan**. Setelah dilakukan **canalith**

repositioning maneuver (CRM), keluhan vertigo posisi menghilang, namun pasien masih merasakan ketidakstabilan saat berdiri dan berjalan.

Kondisi Awal (Baseline)

Penilaian awal (post CRM, pre-VRT) menunjukkan:

- **Berg Balance Scale (BBS):** 42/56, menunjukkan gangguan keseimbangan sedang.
- **Timed Up and Go (TUG):** 14,8 detik, melebihi nilai normal pada kelompok usia sebanding dan mengindikasikan peningkatan risiko jatuh. Pasien juga melaporkan pusing ringan saat perubahan posisi dan ketidakpercayaan diri saat berjalan di luar ruangan.

Perkembangan Selama Intervensi

Pasien mengikuti seluruh 12 sesi **vestibular rehabilitation therapy (VRT)** dengan kepatuhan 100% pada latihan rumah. Tidak ada efek samping seperti peningkatan vertigo atau nyeri muskuloskeletal. Perbaikan subyektif mulai terasa pada minggu kedua, dan pusing hilang sepenuhnya pada akhir minggu ketiga.

Hasil Akhir (Post Intervensi)

Setelah 4 minggu, penilaian ulang menunjukkan:

- **BBS** meningkat dari 42/56 menjadi 53/56 (+11 poin), melebihi *minimal detectable change* (MDC) 2–3 poin.
- **TUG** membaik dari 14,8 detik menjadi 9,6 detik (–5,2 detik), melampaui MDC 3 detik.
- Pasien melaporkan peningkatan kepercayaan diri saat berjalan, kembali melakukan aktivitas rumah tangga secara mandiri, dan mampu berjalan di luar tanpa bantuan.

Tabel 1. Perubahan Skor BBS dan TUG.

Parameter	Awal CRM, VRT)	(Post-Pre-Akhir VRT)	(Post-	Perubahan MDC*	Interpretasi
Berg Balance Scale	42/56	53/56	+11 poin	2–3 poin	Peningkatan bermakna
Timed Up and Go (detik)	14,8	9,6	–5,2 detik	3 detik	Peningkatan bermakna

*MDC = Minimal Detectable Change pada populasi lansia.

Tidak ditemukan kekambuhan gejala BPPV pada akhir program rehabilitasi

B. PEMBAHASAN

Laporan kasus ini menunjukkan bahwa **vestibular rehabilitation therapy (VRT)** terstruktur selama empat minggu dapat memberikan perbaikan bermakna pada keseimbangan dan mobilitas pasien dengan gejala sisa pasca penatalaksanaan **BPPV kanal posterior** menggunakan **canalith repositioning maneuver (CRM)**. Peningkatan skor **Berg Balance Scale (BBS)** sebesar 11 poin dan penurunan waktu **Timed Up and Go (TUG)** sebesar 5,2 detik melampaui nilai *minimal detectable change* (MDC) yang telah dilaporkan pada populasi lansia dan pasien dengan gangguan vestibular, sehingga menunjukkan bahwa perubahan ini memiliki relevansi klinis.

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu melaporkan bahwa 31–61% pasien BPPV masih mengalami **residual dizziness** atau ketidakstabilan postural meskipun gejala vertigo posisi telah menghilang pasca-CRM. Studi oleh Zhang et al. (2020) dan Hall et al. (2016) menegaskan bahwa VRT dapat membantu mengatasi gejala sisa tersebut melalui kombinasi latihan habituasi, adaptasi, dan substitusi sensoris, yang secara signifikan meningkatkan kontrol postural dan mengurangi risiko jatuh. Temuan pada laporan kasus ini konsisten dengan hasil penelitian tersebut.

Mekanisme Perbaikan

Perbaikan yang dialami pasien kemungkinan disebabkan oleh beberapa mekanisme, antara lain:

- a. **Adaptasi vestibulo-okular** melalui latihan stabilisasi pandangan (VOR x1, VOR x2) yang meningkatkan koordinasi kepala-mata.
- b. **Habituasi** terhadap gerakan pemicu vertigo melalui Brandt–Daroff, yang mengurangi sensitivitas sistem vestibular terhadap perubahan posisi.
- c. **Substitusi sensoris** dengan memanfaatkan input visual dan somatosensoris untuk mengompensasi defisit vestibular.
- d. **Latihan keseimbangan progresif** yang memperkuat kontrol postural dan respon antisipatif tubuh.

Implikasi Klinis

Hasil ini menegaskan pentingnya evaluasi lanjutan pasca-CRM, tidak hanya berdasarkan hilangnya vertigo tetapi juga pemulihan fungsi keseimbangan dan

mobilitas. VRT dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari protokol perawatan pasca-BPPV, terutama bagi pasien yang menunjukkan peningkatan risiko jatuh atau keterbatasan aktivitas sehari-hari.

Keterbatasan Laporan Kasus

Desain laporan kasus membatasi generalisasi temuan. Tidak adanya kelompok pembandingan dan evaluasi jangka panjang membuat efek jangka lama VRT pada populasi ini belum dapat dipastikan. Selain itu, tidak dilakukan pemeriksaan fungsi vestibular lanjutan seperti *video head impulse test* atau *dynamic posturography* untuk mengidentifikasi komponen sensoris yang dominan dalam perbaikan pasien.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Program vestibular rehabilitation therapy (VRT) terstruktur selama empat minggu terbukti memberikan perbaikan bermakna pada keseimbangan dan mobilitas pasien dengan gejala sisa pasca penatalaksanaan BPPV kanal posterior menggunakan canalith repositioning maneuver (CRM). Peningkatan skor Berg Balance Scale (BBS) dan penurunan waktu Timed Up and Go (TUG) melebihi batas minimal detectable change, yang menunjukkan pemulihan fungsi yang signifikan secara klinis. Temuan ini mendukung VRT sebagai intervensi tambahan pada pasien BPPV yang masih mengalami gangguan fungsional setelah vertigo posisi teratasi. Implementasi VRT secara tepat dapat membantu mengurangi risiko jatuh, meningkatkan kemandirian, dan mempercepat pemulihan kualitas hidup. Penelitian lebih lanjut dengan desain terkontrol dan sampel yang lebih besar diperlukan untuk mengonfirmasi temuan ini dan mengoptimalkan protokol rehabilitasi pada populasi serupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pasien yang telah berpartisipasi dan memberikan izin untuk publikasi laporan kasus ini. Terima kasih juga disampaikan kepada tim fisioterapi di Universitas Telogorejo Semarang atas dukungan dalam pelaksanaan intervensi, serta rekan sejawat yang telah memberikan masukan berharga selama proses penulisan.

DAFTAR REFERENSI

- Balatsouras, D. G., Koukoutsis, G., Fassolis, A., Moukos, A., & Apris, A. (2018). Benign paroxysmal positional vertigo in the elderly: Current insights. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 2251–2266. <https://doi.org/10.2147/CIA.S144134>
- Büki, B., Simon, L., Garab, S., Lundberg, Y. W., Jünger, H., & Straumann, D. (2011). Sitting-up vertigo and trunk retropulsion in patients with benign positional vertigo but without positional nystagmus. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 82(1), 98–104. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2009.199208>
- Byun, Y. J., Levy, D. A., Nguyen, S. A., Brennan, E., & Rizk, H. G. (2021). Treatment of vestibular migraine: A systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*, 131(1), 186–194. <https://doi.org/10.1002/lary.28546>
- Chen, J., Zhang, S., Cui, K., & Liu, C. (2021). Risk factors for benign paroxysmal positional vertigo recurrence: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurology*, 268(11), 4117–4127. <https://doi.org/10.1007/s00415-020-10175-0>
- Faralli, M., Lapenna, R., Giommetti, G., Pellegrino, C., & Ricci, G. (2016). Residual dizziness after the first BPPV episode: Role of otolithic function and of a delayed diagnosis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 273(10), 3157–3165. <https://doi.org/10.1007/s00405-016-3947-z>
- Halker, R. B., Barrs, D. M., Wellik, K. E., Wingerchuk, D. M., & Demaerschalk, B. M. (2008). Establishing a diagnosis of benign paroxysmal positional vertigo through the Dix-Hallpike and side-lying maneuvers: A critically appraised topic. *The Neurologist*, 14(3), 201–204. <https://doi.org/10.1097/NRL.0b013e31816f2820>
- Hall, C. D., Herdman, S. J., Whitney, S. L., Cass, S. P., Clendaniel, R. A., Fife, T. D., Furman, J. M., Getchius, T. S. D., Goebel, J. A., Shepard, N. T., & Woodhouse, S. N. (2016). Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: An evidence-based clinical practice guideline: From the American Physical Therapy Association Neurology Section. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 40(2), 124–155. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000120>
- Kao, W. T. K., Parnes, L. S., & Chole, R. A. (2017). Otoconia and otolithic membrane fragments within the posterior semicircular canal in benign paroxysmal positional vertigo. *Laryngoscope*, 127(3), 709–714. <https://doi.org/10.1002/lary.26115>
- Katz-Leurer, M., Rotem, H., Keren, O., & Meyer, S. (2009). Balance abilities and gait characteristics in post-traumatic brain injury, cerebral palsy and typically developed children. *Developmental Neurorehabilitation*, 12(2), 100–105. <https://doi.org/10.1080/17518420902800928>
- Lee, J. D., Kim, C. H., Hong, S. M., Kim, S. H., Suh, M. W., Kim, M. B., Shim, D. B., Chu, H., Lee, N. H., Kim, M., Hong, S. K., & Seo, J. H. (2017). Prevalence of vestibular and balance disorders in children and adolescents according to age: A multi-center study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 94, 36–39. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2017.01.012>
- Lopez-Escamez, J. A., Molina, M. I., & Gamiz, M. J. (2006). Anterior semicircular canal benign paroxysmal positional vertigo and positional downbeating nystagmus. *American Journal of Otolaryngology*, 27(3), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2005.09.010>

- Popkirov, S., Stone, J., & Holle-Lee, D. (2018). Treatment of persistent postural-perceptual dizziness (PPPD) and related disorders. *Current Treatment Options in Neurology*, 20(12), 50. <https://doi.org/10.1007/s11940-018-0535-0>
- Prokopakis, E., Vlastos, I. M., Tsagournisakis, M., Christodoulou, P., Kawauchi, H., & Velegrakis, G. (2013). Canalith repositioning procedures among 965 patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Audiology and Neurotology*, 18(2), 83–88. <https://doi.org/10.1159/000343579>
- Schlick, C., Schniepp, R., Loidl, V., Wuehr, M., Hesselbarth, K., & Jahn, K. (2016). Falls and fear of falling in vertigo and balance disorders: A controlled cross-sectional study. *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 25(5–6), 241–251. <https://doi.org/10.3233/VES-150564>
- von Brevern, M., Bertholon, P., Brandt, T., Fife, T., Imai, T., Nuti, D., & Newman-Toker, D. (2017). Benign paroxysmal positional vertigo: Diagnostic criteria. Consensus document of the Committee for the Classification of Vestibular Disorders of the Bárány Society. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 68(6), 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2017.02.007>
- Wiener-Vacher, S. R., Quarez, J., & Le Priol, A. (2018). Epidemiology of vestibular impairments in a pediatric population. *Seminars in Hearing*, 39(3), 229–242. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1666815>
- You, P., Instrum, R., & Parnes, L. (2019). Benign paroxysmal positional vertigo. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 4(1), 116–123. <https://doi.org/10.1002/lio2.230>