 原 著

同時に三種類の rebound nystagmus を認めた Arnold-Chiari I 型奇形例

横田 淳一¹⁾²⁾, 山口 洋子³⁾

Three concurrently identified types of rebound nystagmus
in a case with Arnold-Chiari malformation (Type I)

Jun-Ichi Yokota¹⁾²⁾, Yoko Yamaguchi³⁾

¹⁾*Department of Neurology, Amakusa Rehabilitation Hospital*

²⁾*Department of Neurology, Juntendo University School of Medicine*

³⁾*Department of Oto-Rhino-Laryngology, Juntendo University School of Medicine*

A 67-year-old woman began to experience sudden paroxysmal dizziness (or a fainting sensation) without any auditory symptoms upon turning her head or extending her neck to look upwards. The dizziness usually resolved within a moment even if the provoking position was maintained. Nystagmus was not induced by positioning or positional change tests. An MRI examination revealed a downward shift in the cerebellar tonsil beneath the level of the foramen magnum, and the patient was diagnosed as having an Arnold-Chiari malformation (type I). The characteristic ENG findings were as follows: (1) horizontal rebound nystagmus (RN) in the dark, (2) downbeat nystagmus mainly during shifting eyes leftward or downward in the dark, (3) vertical (upward) pursuit intermingled with back-up (overshoot) saccades, (4) slightly reduced peak slow phase velocity of OKN with preserved frequencies, and (5) OKAN were within normal limits. Of special note, three different kinds of RN in the dark were concurrently recognized in a single ENG study: (i) rightward (leftward) nystagmus during rightward (leftward) gazing followed by leftward (rightward) nystagmus upon returning to a straight-ahead eye position, (ii) rightward (leftward) nystagmus followed by reversed nystagmus in the opposite direction during rightward (leftward) gazing and continued reversed leftward (rightward) nystagmus after returning to a straight-ahead eye position, and (iii) very few nystagmus events during leftward (rightward) gazing followed by a remarkable rightward (leftward) nystagmus upon returning to a straight-ahead eye position. Although the definite pathophysiological mechanisms of RN remain unclear, the compression of the cerebellar tonsil (nodulus) or flocculus/paraflocculus caused by downward herniation in the present case might be correlated with the induction of such RN.

Key words: rebound nystagmus, Arnold-Chiari malformation (type I), flocculus, tonsil, downbeat nystagmus

はじめに

Arnold-Chiari I 型奇形（以下、A-C type I）は、同奇形の中でも小脳扁桃下垂が認められる一方で延髄偏移は認められない type である。主な症状としては、後頭部痛・後頸部痛などが最も多いが、症例の約半数（49%）にふらつき症状がみられ、その他、めまい（18%）、眼振（15%）、難聴（15%）など前庭蝸牛症状を伴う例もしばしば認められることから¹⁾、めまい診療の場においても鑑別診断の一つとして常に念頭に置くべき病態の一つである。

一方、rebound nystagmus^{2,3)}（以下、RN）は、側方視（又は上下方視）眼位をある一定時間（20秒位）保持した後に眼位を正中に戻した際に認められる眼振で、その緩徐相は、直前の側方視（又は上下方視）側とされる。従って、RN は、明所（注視下）で観察される注視眼振とは急速相が逆向きの眼振と理解されることが多い。しかしながら、Zee ら⁴⁾ は、RN は、健常者でも暗所で認められ、また、症例によって明所（注視下）・暗所（非注視下）ともに認められることなどを報告した。以後、後述するように、RN の性状・機序に関して様々な検討がなされ、現在、国際的には明所（注視下）又は暗所（非注視下）で観察される注視眼振とは急速相が逆向きの眼振を RN と解釈されている。

今回、A-C type I 症例の ENG 検査で、暗所（非注視下）にて同時に 3 種類の RN が確認されたが、一回の検査で数種類の RN を認めることは極めて稀と思われる。少なくとも、著者の調べ得た限り、過去に同様の報告例は認められなかったことから文献的考察を交え報告する。

症 例

症例 67歳、女性

既往歴：特記すべき事なし

現病歴：1～2年前より、急に立ち上がった瞬間や歩行時に方向転換をしようとした際など、フラッとよろめきそうになる事が多くなった。また、例えば、駅の掲示板を見ようとして上を向いた時などに一瞬クラッとめまい感がすることが多くなった。但し、それ以外の日常生活においては、安静座位・臥位時や臥床して寝返りを打った瞬間など、特別めまい感の自覚はなかった。また、自発性の回転性めまいは、今までに一度も経験した事はなかった。ただ、最近、妹がクモ膜下出血を患い、自分自身も何とはなしに上記めまい症状の頻度が増した気がして不安となり、201X年8月24日、順天堂大学脳神経内科外来を受診した。当科にて、神経学的検査及び神経放射線学的検査を行い、また神経耳科学的検査は当院・耳鼻咽喉科に依頼した。

初診時所見：初診時、意識は清明。失行、失語、失認、構音障害、高次脳機能障害などは特に認められなかった。また、脳神経症状は嚥下障害・嘔声など下部脳神経症状も含めて認められなかった。運動系では、四肢に麻痺など筋力低下は認められなかった。四肢の深部腱反射（DTR）は正常、また、Chaddock・Babinski 反射など病的反射は認められなかった。小脳性の四肢協調運動障害や体幹失調なども認められなかった。直立検査（Mann 検査、Romberg 検査など）は、特に異常を認めなかった。また、感覚系では、顔面・四肢・体幹に表在覚及び深部覚に異常は認められなかった。両鼓膜とも、特に異常所見は認められなかった。

眼球運動に関しては、明所裸眼では水平・垂直方向で麻痺による眼球運動制限は認められず、眼振など神経耳科学的に特に有意な所見も認められなかった。ただ、Frenzel 眼鏡を用いた検査では、左右側方視で各々左向き眼振、及び右向き眼振が認められた。また、左方視時には、左向き眼振に混じて下方視眼振も認められた。上下方視では、明らかな眼振は認められなかった。頭位・頭位変換検査では、特に明らかな眼振所見は認めら

¹⁾ リハビリテーション天草病院・神経内科

²⁾ 順天堂大学医学部・脳神経内科

³⁾ 順天堂大学医学部・耳鼻咽喉科

図1 頭部MRI (T2強調画像: 1.5 T, TR: 5000, TE: 100)

矢状断面上, 小脳扁桃は大後頭孔より下垂が認められた(矢印), 一方, 脳幹(延髄)の偏移は見られずArnold-Chiari (I型)奇形と診断された。

れず, 患者本人もめまい感の訴えはなかった。

MRI (1.5 T) 所見 (図1): 矢状断にて, 小脳扁桃の下垂が認められる一方, 脳幹・延髄の下方偏移は認めらなかった。

ENG 所見: ENG 記録上, 明所では水平・垂直とも特に明らかな眼振所見は認められなかったが, 暗所では左右側方視で各々左向き眼振, 及び右向き眼振を認められた。また, 暗所・垂直記録では, 側方視・正面視及び下方視と上方視以外全ての眼位で下眼瞼向き眼振 (DBN) が認められた。特に, 左方視時には顕著に認められた (図2)。また, 暗所でRNが認められ, その性状は(i)右方視で右向き眼振が認められ正中視に戻した際に左向きRN (持続時間9.9 sec), 同様に, 左方視で左向き眼振が見られ正中視に戻して右向きRN (同10.5 sec) が見られた (図3), (ii)右方視で右向き眼振 (同12.2 sec) が認められたが, その後, 途中から眼振方向が逆転して左向きRN (同25.2 sec) となった。更に, 正中視に戻すと

左向きRN (同24.5 sec) は引き続き顕著に認められた。同様に, 左方視でも最初は左向き眼振 (同9.1 sec) が見られたが, その後, 途中から眼振方向が逆転して右向きRN (同34.6 sec) となり, 更に正中視に戻すと引き続き右向きRN (同20.5 sec) が顕著に見られた (図4), (iii)右方視では眼振は殆ど認められず (多少僅かに左向き眼振見る程度), 正中視に戻した途端に著明な左向き眼振 (同23.6 sec) が認められた。同様に, 左方視でも明らかな眼振は殆ど認められず (多少僅かに右向き眼振見る程度), 正中視に戻した途端に著明な右向き眼振 (同21.6 sec) が認められた (図5), の3種類であった。視標追跡 (ETT) 検査では, 水平記録では比較的円滑な smooth pursuit が認められたが, 垂直記録では上向きで back-up saccade が混じる saccadic pursuit を認めた (図6 A: 矢印)。水平性視運動性眼振 (OKN) 検査 (未呈示: 図6 B OKAN 参照) では, 解発 (fusion) は保たれていたが, 最大緩徐相速度は左右とも若干低下が認められた (右 $56.5^{\circ}/\text{sec}$ 左 $53.5^{\circ}/\text{sec}$)。水平性視運動性後眼振 (OKAN) 検査では, 左右OKANとも誘発され, 持続時間は右OKAN16秒, 左OKAN13秒と若干左右差 (右>左) が認められたが概ね正常域であった。

純音聴力検査: 平均聴力 (4分法) は, 右耳 19.2 dB, 左耳 20.8 dB であった。

その後の経過: 今回の検査で, 脳血管障害など明らかに重篤な疾患の可能性は低いことから, 引き続き当科外来で定期的 (半年毎) に経過観察となった。

考 察

本症例は, 一回のENG検査で, 暗所にて(i)側方視時に側方視向き眼振を認め, 正中視に戻すと眼振方向が逆転した眼振が認められた (RN-①) (図3), (ii)側方視で側方視眼振認めるが, 途中から眼振方向が逆転した眼振が認められ, 正中視に戻しても同方向への眼振が引き続き認められた (RN-②) (図4), (iii)側方視では殆ど眼振は認められず (認めても, ごく僅か数発の対側向き眼振), 正中視に戻すと顕著な対側向き眼振が認められた (RN-③) (図5) と3種類のRNが観察された。RNの最初の報告者のHoodら²⁾によると, (i)(ii)に関する記述はみられるが, (iii)に関する記述は全くみられない。(iii)については, Hoodら

図2 ENG 所見 (下眼瞼向き眼振)

暗所・垂直記録では、側方視・正面視及び下方視と上方視以外全ての眼位でArnold-Chiari 奇形特有の下眼瞼向き眼振が認められたが、特に、左方視時には著明に認められた。

以降のRNに関する文献例でも、Zeeら⁴⁾の論文の (Fig. 10) で(iii)と極めて類似したRN 1例を認めた以外には見当たらなかった。更に、今までに、同一症例で、一度のENG検査で上記3種のRNが確認された報告例も全く認められなかった。小松崎⁵⁾は、(i)(ii)の2種類のRNが存在することを認め、両者の病態生理は異なったものではなく、(i)は軽度障害例に、また、(ii)はより高度の小脳障害例に多くみられると述べている。しかしながら、今回、3種のRNが同一症例で一度に認められたことから、この3種のRNが果たして同一の機序で出現するのか、或いは一部共通する神経回路を共有しながらも別々の機序で出現するのか、RNの機序を考える上で貴重な症例と考える。

RNの責任病巣としては、前述のHoodら²⁾は、RNのほかに小脳性の付随症状 (smooth pursuit 障害, OKN 障害など) が認められ、またRN自

体の眼振が脳幹障害に起因する眼振 (前庭眼振など) とは明らかに異なっていた点や、全25症例の病巣分布をoverlapさせて比較検討した結果、小脳片葉・小節、虫部及び小脳皮質の障害と推察した。従って、RNは神経症候学的に特に小脳機能障害を示唆する重要な所見と述べている。たしかに、動物実験でも、サル片葉・傍片葉切除後に同様のRNが認められた⁶⁾。また、臨床報告例でも、片葉小節や下虫部萎縮の認められた脊髄小脳変性症⁷⁽⁸⁾などで認められる事から、RNの責任病巣としては主に前庭小脳性病変の可能性が高いと考えられる。しかし、一方、RNの責任病巣として小脳単独の障害に限らず、小脳脳幹連絡路や脳幹障害も一部含まれる可能性も示唆されている⁸⁽⁹⁾。本例の場合は、Hoodら²⁾の付随症状も認められず、A-C type IのMRI画像からも小脳扁桃・小節の下垂による同部位や片葉・傍片葉の圧排侵襲の可能性が高く、それ以外の小脳部位や脳幹部は正常

図3 ENG 所見 (rebound nystagmus-①)

右方視で、右向き眼振（矢印）が認められ、その後、正中視に戻した際に左向き眼振（矢頭）が認められた。同様に、左方視で、左向き眼振（矢頭）が認められ、その後、正中視に戻した際に右向き眼振（矢印）が認められた。

に保たれていると考えられる。従って、RN は、他の報告例のような広範な小脳病変や一部脳幹病変ではなく、ごく限局した小脳領域の病変だけでも出現しうると考えられる。

なお、本例では、ENG 所見で RN の他に DBN や垂直性（上向き）ETT が saccadic pursuit などが認められ、RN の責任病巣を考察する上で重要な手掛かりになると思われる。DBN の責任病巣は未だに不明ながら、半規管（前半規管）-眼反射を抑制性統御する片葉の障害¹⁰⁾ 或いは耳石器-眼反射系を抑制性統御する小節の障害¹¹⁾ などが示唆されている。本例の場合、片葉、小節いずれの障害の可能性も考えられるが、小節障害の可能性がより高いように思われる。何故ならば、本例の ETT では水平系は比較的円滑さを保つ一方、垂直性（特に上向き）は saccadic pursuit が認められた点である。現在までのところ、水平 smooth pursuit と垂直 smooth pursuit に関わる小脳内の neuron 分布は明らかにされていないが、片葉では垂直性 smooth pursuit に関わる gaze-velocity

Purkinje cell の割合は極めて少ない（19%）¹²⁾。一方、サル小節・虫部垂切除後に下方性 pursuit が障害される¹³⁾ ことが知られている。以上、これらの事実から、本例では小節障害の可能性がより高いように考えられ、MRI 画像所見ともよく合致する。

次に、RN の機序に関して若干考察を述べる。側方注視を持続させると、眼球が自然に正中位に戻ろうとする求心性 drift が生じるが、この drift を打ち消して側方視眼位を保とうとするために側方視向きに saccade が生じる。この一連の眼球の動きが、注視眼振なり極位眼振と考えられている。一方、RN は、この注視眼振とは逆方向に眼球を動かして眼振を打ち消すように働き視覚を安定化させようと働く“bias”を直接反映したものとされる²⁾⁴⁾。但し、この bias が中枢回路のどの場所でいかにして形成されるか未だに不明である。前述の通り、RN は健常者でも暗所で観察される⁴⁾¹⁴⁾。Zee ら⁴⁾⁹⁾ は、明所では視覚安定機構によりこの bias を視性抑制するが、暗所では、視

図4 ENG 所見 (rebound nystagmus-②)

右方視で、右向き眼振(矢印)認めるが、その後、途中で眼振方向が逆転し左向き眼振(矢頭)が認められた。更に、正中視に戻した際には、引き続き顕著な左向き眼振(矢頭)が認められた。同様に、左方視で、左向き眼振(矢頭)が認められたが、その後途中で眼振方向は逆向きの右向き眼振(矢印)が出現した。更に、正中視に戻すと、引き続き著明な右向き眼振(矢印)が認められた。

覚安定機構が働かずこの bias を完全に打ち消すことが出来ずに RN が生ずると考えられ、RN はいわば代償性の生理現象と捉えている。一方、小脳性疾患など小脳機能障害例では、明所でも視覚安定機構が十分に働かないことから RN を打ち消すことが出来ず顕著に認められるようになると推察した。Shallo-Hoffmann ら¹⁴⁾ は、健常者で極位眼振 (end-point nystagmus) と RN について検討したが、RN は暗所だけでなく明所でも観察されることを証明した。ただ、この場合、明所と暗所で RN を比較すると、暗所で顕著に認められることから、明所では RN に対して視覚安定機構による視性抑制が働いていることが分かる。Gordon ら¹⁵⁾ は、暗所でも RN が認められることから、小脳疾患症例でも健常者でも、注視ないし固視

(visual fixation) は、RN 生成に fixation は直接関与しないと述べている。本例の場合、RN は暗所で誘発され明所では全く認められなかったことから、3 種 RN と側方注視 (視覚入力) には殆ど影響を受けず誘発されていると考えられる。RN の生成過程で、眼球の drift を検知する上で smooth pursuit 系の関与が議論されることがある。しかし、Hood ら²⁾ の症例の多くは smooth pursuit 障害が付随しており、同様に Yamazaki & Zee⁹⁾ も RN 例で smooth pursuit 障害の合併が多いことから、pursuit 系は直接 RN 生成には関与しないと結論づけた。一方、本例の場合、少なくとも水平性 smooth pursuit に関しては障害がほとんど認められなかったが、明所ではこの smooth pursuit 系の視性抑制が働くために RN が

図5 ENG所見 (rebound nystagmus-③)

右方視で、眼振は殆ど認められず、認めても極く僅かに左向き眼振（矢頭）が見られる程度であったが、正中視に戻すと著明な左向き眼振（矢頭）が認められた。同様に、左方視でも、眼振は殆ど認められず、認めても極く僅かに右向き眼振（矢印）が見られる程度であったが、正中視に戻すと著明な右向き眼振（矢印）が出現した。

観察されなかったと推察される。従って、smooth pursuitの障害の有無は明所でのRN視性抑制には関与するも、生成過程には直接影響しないと考えられる。Bondarら⁷⁾も、RNが顕著に認められた脊髄小脳変性症例を報告したが、この例でもsmooth pursuit系も視運動性眼反射（OKR）系も重度に障害され、また病理学的に前庭小脳（特に片葉）や延髄・下olive核など視覚入力を受ける部位に強い変性が認められたことや、健常者でも暗所でRNが認められることなどから、RN生成には視覚情報以外の因子（non-visual source）が関わっていると考察した。Zeeら⁴⁾は、健常者でも暗所でRNが認められることなどから、RN生成にはvisual sourceとnon-visual sourceの二つの因子が関与すると推察した。彼等の例でも、smooth pursuit系の障害が強いことから、前者のvisual sourceとしてはsmooth pursuit系ではなくOKR系神経回路が働いていると推察した。側方注視を持続させていると注視眼振による網膜上の

ブレ（retinal slip）情報をOKR系神経回路が感知し、神経積分器に情報が蓄積され適切な代償性のbias信号を発信すると考えた。RNは、側方眼位からすぐに正中位に眼位を戻しても生じず、少なくとも側方注視位を20～30秒間持続しなければ出現しないことも、視覚情報の神経積分器へのchargingに必要な時間として理解できる。一方、後者のnon-visual sourceについては、一つは外眼筋の固有知覚求心性線維入力、そして二つ目はeye velocityないしeye positionに関する出力情報のefference copyと考えられている。Zeeら⁴⁾は、このvisual sourceとnon-visual sourceの二つの因子の合算結果で、注視眼振なりRNの出現様式に差異が生じると推察している。本例の場合、三種類のRNの出現様式が観察されたが、例えば（RN-②）のように注視眼振の方向が途中から逆転し正中位に戻しても同じ方向にRNが認められた例などは、こうした解釈もよく合致するように思われる。

A

B

図6 ENG 所見 (ETT/OKAN)

A. 視標追跡 (ETT) 検査では、水平記録では比較的円滑な smooth pursuit が認められたが、垂直記録では、上方向で back-up saccade (矢印) の混入が見られ、円滑さを欠いた saccadic pursuit を認めた。

B. 水平性視運動性後眼振 (OKAN) 検査では、左右とも OKAN は誘発されたが、持続時間は右 OKAN16秒、左 OKAN13秒と若干左右差 (右 > 左) が認められたが概ね正常範囲であった。

最後に、RN の生成には、神経積分器の障害による gaze instability が深く関連していることから若干の考察を加える。周知の通り、眼球運動に関わる中枢性回路では神経積分器には、数段の積分器が存在する¹⁶⁾。即ち、速度信号に関わる velocity storage integrator¹⁷⁾、や速度信号を位置信号に変換する velocity-to-position integrator¹⁸⁾ などである。ただ、神経積分器によって bias を形成するのが velocity 信号由来 (velocity bias) か、或いは position 信号由来 (position bias) か詳細は未だに明らかではない⁹⁾。Zee ら⁶⁾ は、サル片葉・傍片葉切除実験を行った際、暗所で極位眼振や RN を観察したが、眼振緩徐相が指数関数曲線様の弧を描くことから神経積分器、特に velocity-to-position integrator の障害があることを明らかにした。片葉・傍片葉は視覚入力、前庭入力、眼速度信号、眼位置信号などの入力を受け一方で脳幹・神経積分器に対して統御を行い gaze stability に関与することから、同部位の障害で gaze instability が生じると考えられている。前述の Zee ら⁴⁾

の臨床例でも、Patient 4 は明所 (Fig. 7) 及び暗所 (Fig. 8) の両方で RN が観察されたが、特に暗所で RN が顕著に認められ眼振緩徐相が特有の指数関数曲線様の弧を描いている様子が認められる。前述の Shallo-Hoffman ら¹⁴⁾ も、position 信号由来 (position bias) と考えた。一方、前述の Bondar ら⁷⁾ は、彼等の症例の RN が眼振緩徐相が特有の指数関数曲線様ではなく、むしろ直線であったことから、position 信号由来 (position bias) ではなく velocity 信号由来 (velocity bias) と考えた。Chung & Bedell¹⁹⁾ は、velocity storage 機構を反映する OKAN における fixation-suppression²⁰⁾ を応用し、RN においても同様に fixation-suppression が認められることから RN も velocity storage integrator により形成されると考えた。

本例の RN は、眼振緩徐相が指数関数曲線様ではなく直線で、また水平性 smooth pursuit 系の障害もないことから小脳片葉→velocity-to-position integrator 系の障害は考えにくく、やはり position 信号由来 (position bias) というよりも velocity

信号由来 (velocity bias) の可能性が考えられる。更に、本例での RN と OKAN では持続時間 (時定数) も全く異なり、また 3 種の RN 自体でも持続時間 (時定数) が各々異なっていた。この点に関しては、小節・垂が velocity storage integrator を統御して OKAN の時定数を調節する²¹⁾ ことから、本例でも小節・垂の障害或いは機能低下の可能性が示唆され、本例の MRI 画像所見ともよく合致しているように思われる。

文 献

- 1) Jiménez GG, Gutiérrez AM, de Lucas EM, et al.: Audio-vestibular signs and symptoms in Chiari I. Case series and literature review. *Acta Otorrinolaringol Esp* 66: 28-35, 2015
- 2) Hood JD, Kayan A, Leech J: Rebound nystagmus. *Brain* 96: 507-526, 1973
- 3) Hood JD: Further observations on the phenomenon of rebound nystagmus. *Ann NY Acad Sci* 374: 532-539, 1981
- 4) Zee DS, Yee RD, Cogan DG, et al.: Ocular motor abnormalities in hereditary cerebellar ataxia. *Brain* 99: 207-234, 1976
- 5) 小松崎 篤, 水谷淳子: 小脳障害における異常眼球運動. *神経進歩* 19: 649-661, 1975
- 6) Zee DS, Yamazaki A, Burtler PH, et al.: Effects of ablation of flocculus and paraflocculus on eye movements in primate. *J Neurophysiol* 46: 878-899, 1981
- 7) Bondar RL, Sharpe JA, Lewis AJ: Rebound nystagmus in olivocerebellar atrophy: A clinicopathological correlation. *Ann Neurol* 15: 474-477, 1984
- 8) Sharpe JA: Rebound nystagmus- A cerebellar sign? *JAMA* 227: 648-649, 1974
- 9) Yamazaki A, Zee DS: Rebound nystagmus: EOG analysis of a case with a floccular tumor. *Br J Ophthalmol* 63: 782-786, 1979
- 10) Baloh RW, Spooner JW: Downbeat nystagmus. A type of central vestibular nystagmus. *Neurology* 31: 304-310, 1981
- 11) Halmagyi GM, Rudge P, Gresty MA: Downbeating nystagmus. A review of 62 cases. *Arch Neurol* 40: 777-784, 1983
- 12) Fukushima K, Fukushima J, Kaneko CRS, et al.: Vertical Purkinje cells of the monkey floccular lobe: simple- spike activity during pursuit and passive whole body rotation. *J Neurophysiol* 82: 787-803, 1999
- 13) Walker MF, Tian J, Shan X, et al.: Lesions of the cerebellar nodulus and uvula impair downward pursuit. *J Neurophysiol* 100: 1813-1823, 2008
- 14) Shallo-Hoffman J, Schwarze H, Simonsz HJ, et al.: A reexamination of end-point and rebound nystagmus in normal. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 31: 388-392, 1990
- 15) Gordon SE, Hain TC, Zee DS, et al.: Rebound nystagmus. *Soc Neurosci Abstr* 12: 1091, 1986
- 16) Yokota J, Reisine H, Cohen B: Nystagmus induced by electrical stimulation of the vestibular and prepositus hypoglossi nuclei in the monkey: evidence for site of induction of velocity storage. *Exp Brain Res* 92: 123-138, 1992
- 17) Cohen B, Matsuo V, Raphan T: Quantitative analysis of the velocity characteristics of optokinetic nystagmus and optokinetic after-nystagmus. *J Physiol* 270: 321-344, 1977
- 18) Skavenski AA, Robinson DA: Role of abducens motoneurons in the vestibulo-ocular reflex. *J Neurophysiol* 36: 725-738, 1973
- 19) Chung STL, Bedell HE: "Dumping" of rebound nystagmus and optokinetic after-nystagmus in humans. *Exp Brain Res* 107: 306-314, 1995
- 20) Raphan T, Matsuo V, Cohen B: Velocity storage in the vestibulo-ocular reflex arc (VOR). *Exp Brain Res* 35: 229-248, 1979
- 21) Waespe W, Cohen B, Raphan T: Dynamic modification of the vestibulo-ocular reflex by the nodulus and uvula. *Science* 228: 199-202, 1985

利益相反に該当する事項はない。

別刷請求先: 横田淳一