

---

原 著

外傷後めまい症例における重心動揺と聴覚・味覚・嗅覚の検討

相馬 啓子<sup>1)2)</sup>・國弘 幸伸<sup>3)</sup>

Examination of the hearing, taste and smell function in patients  
with chronic dizziness following minor trauma

Keiko Soma<sup>1)2)</sup>, Takanobu Kunihiro<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>*Department of Otolaryngology, School of dentistry, Matsumoto Dental University*

<sup>2)</sup>*Department of Otolaryngology, Kawasaki Municipal Hospital*

<sup>3)</sup>*Department of Otolaryngology, School of Medicine, Keio University*

---

Dizziness and vertigo are common symptoms associated with minor head trauma or whiplash. Although these symptoms improve within a few weeks in many patients, the symptoms can last much longer in some patients. Furthermore, patients with minor trauma often suffer from other symptoms such as hearing loss, tinnitus, olfactory dysfunction, or taste disorder. The aim of the present study was to clarify the process by which dizziness following trauma arises. We investigated 254 patients (115 males and 139 females, with an average age of 44.2 years) who suffered from chronic dizziness following trauma but who did not have any abnormal head CT or MRI findings. In each of the patients, we evaluated the vestibular function and hearing, taste and smell by performing a spontaneous or gaze nystagmus test, an ENG evaluation (eye tracking test, optokinetic nystagmus test, caloric test), a stabilometer test, standard pure tone audiometry, a speech discrimination test, taste test (electrogustometry, filter-paper disk assay using taste solutions), and a smell test (intravenous olfaction test, odor-identification card test for Japanese). Accordingly, we investigated the relation between body sway and other sensory functions. We found a larger sway area than usual in 60% of the patients undergoing a stabilometer test with their eyes open and with their eyes closed. The results of the nystagmus and ENG evaluations suggested a vestibular disorder in 15% to 20% of the patients and a brainstem or cerebellum disorder in 10% or less of the patients. A significant correlation between the body sway area and smell identification was observed. However, smaller correlations were observed between body sway and the hearing threshold, the laterality of the hearing, the taste function, and the smell threshold. According to this study, we speculated that chronic dizziness following minor trauma might arise from related to central nervous system disorders, such as disorders of the hippocampus, hypothalamus, entorhinal cortex or other olfactory-related cognitive areas.

**Key words:** stabilometry, trauma, smell, dizziness, cognition

## 緒 言

軽度の外傷後に生ずるめまいは、比較的多い症状であるが、その多くは早期に改善する。しかし脳 MRI などの画像所見に異常を認めないにもかかわらず、慢性的なめまい・ふらつきとともに耳鳴、難聴、嗅覚・味覚障害などの多彩な症状が持続する症例を経験することがある。このような平衡障害がどのような機転で生じているのかを解明するために、平衡機能検査と神経耳科学的な検査所見との関連を検討した。

なお論文を外傷性めまいとせず、外傷後めまいとしたのは、外傷そのものは軽度で、画像上責任病巣を特定できない症例であり、外傷によって直接生じた障害だけでなく、外傷後に二次的に生じた心因性などその他の要因によることも否定できないためである。

## 対 象

2011年5月～2013年7月の期間に川崎市立川崎病院耳鼻咽喉科を受診し、外傷後にめまいが生じたと問診票に記載した254例（男性115名、女性139名、16歳～76歳、平均44.2歳）を対象とした。いずれも責任病巣が特定できないにもかかわらず、受傷後長期にわたり慢性的なめまい、ふらつき、耳鳴、難聴、嗅覚障害、味覚障害、頭痛、頸部痛、四肢のしびれなど多彩な症状が続いたため、聴覚、嗅覚、味覚を含む神経耳科学的検査を前医より依頼された症例である。めまいは、受傷直後から1カ月程度は回転性めまいと浮動性めまいがともにあったようだが、その後は浮動性めまいとなり、受診時にはほとんどの症例で慢性的な浮動性めまいを訴えていた。前医では簡易の脳神経学的検査を行っており、嗅覚・味覚障害の存在を疑われていたが、患者自身は他の症状が苦痛であるため、明らかな嗅覚・味覚障害を自覚していない場合が多かった。ただし家族に料理の味がま

ずくなったと指摘されたり、事故後より食事がおいしく感じなくなったりしている症例もあった。

外傷の内訳は、交通事故231例（91%）、転倒・転落11例（4%）、その他12例（5%）であった（図1）。交通事故は車によるものが72%を占め、後方よりの追突事故が全体の37%と多かった。これらの症例は受傷時に血腫や脳挫傷など脳 MRI などの画像所見に異常を認めず、頸椎捻挫、いわゆるむち打ち損傷や外傷性頸部症候群または頭部・体部打撲などと診断されていた。いずれも急性期を過ぎた（受傷後 2カ月～15年、中央値 2年）症例であり、当院を受診する以前に複数の医療機関を受診していた。受傷時の意識障害については、あいまいな症例もあったが、意識障害は無いかあっても30分以内であった。

## 方 法

眼振検査は赤外線 CCD カメラを用い全例に施行した。重心動揺検査は、重心動揺計（アニマ社製グラビコーダ GP-5000）にて閉足直立で行い、開眼・閉眼とも60秒間記録し、外周面積、速度、外周面積のロンベルグ率の結果を検討した。パラメーターごとに表示される健常者の男女別年齢別基準値<sup>1)</sup>と比較検討し、2SDを超えるものを異常とした。電気眼振図（ENG）による視標追跡検査（ETT）、視運動性眼振検査（OKN）、温度刺激検査（カロリック検査）は、眼振を認めた症例、動揺の大きい症例、聴力に左右差を認め内耳障害が疑われた症例など78例に施行した。ENGは、第一医科社製ニスタモグラフ FNG 1004にて記録した。OKNは、Jung 型刺激装置を用い加速減速法にて測定し OKP（Optokinetic Nystagmus Patten）を判定した。カロリック検査の結果は少量注水法（20℃、5 ml、20秒法）でおこない、最大緩除相速度が20°/sec以上を正常、10°/sec以上20°/sec未満をCP（canal paresis、半規管麻痺）疑い、10°未満を中等度CP、無反応を高度CPと判定した。

聴力検査は、オージオメーター（リオン AA 55）にて標準純音聴力を測定し、聴力閾値の左右平均

<sup>1)</sup> 松本歯科大学歯学部耳鼻咽喉科学

<sup>2)</sup> 川崎市立川崎病院耳鼻咽喉科

<sup>3)</sup> 慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科学教室

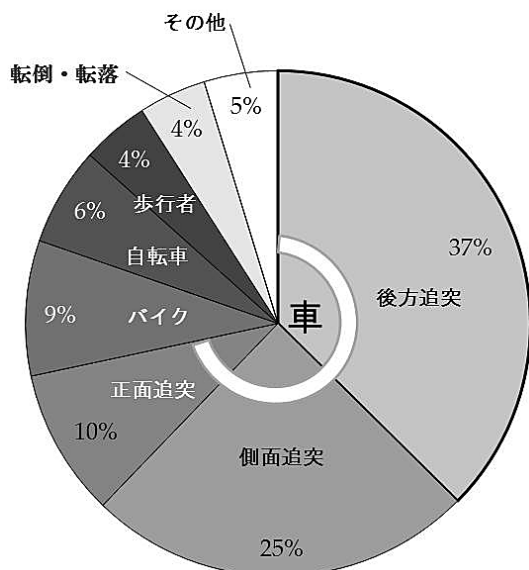


図1 受傷機転

外傷の内訳は、交通外傷233例、転倒・転落11例、その他12例であった。交通外傷は車によるものが72%を占め、後方よりの追突事故が全体の37%と多かった。

値、左右差をもとめた。さらに標準語音聴力検査(67-Sによる)を行い、語音弁別検査の左右平均値をもとめた。

味覚は、電気味覚検査と濾紙ディスク法にて判定した。電気味覚検査は、電気味覚計(リオンTR-06型)を使用し、左右の鼓索神経領域、舌咽神経領域、大錐体神経領域における各々の閾値を測定し、無反応であった場合は36 dBと換算した。各々の領域における左右の閾値平均値を集計した。濾紙ディスク法は、テストディスク(三和化学研究所)を使用した。鼓索神経領域における基本4味(甘味、塩味、酸味、苦味)の濃度番号1~5およびスケールアウトは6として認知閾値を測定し、左右の閾値平均値を集計した。

嗅覚は、静脈性嗅覚検査および嗅覚同定能力研究用カードキット(Open Essence Wako)にて判定した。静脈性嗅覚検査は、Pアリナミン(アリナミン注射液R 10 mg 2 ml)を被検者の肘正中皮静脈に、なるべく等速度で20秒かけて注入し、においを感じた潜伏時間と持続時間を測定した。無反応症例の潜伏時間は90秒と、また最長の

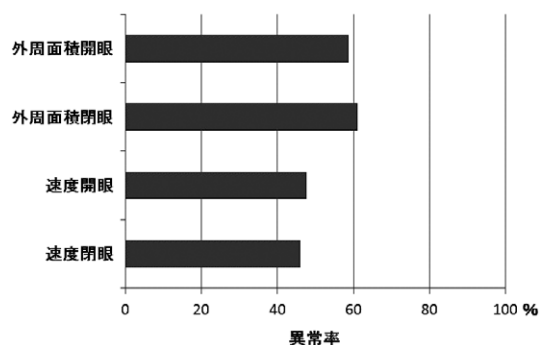


図2 重心動揺検査の異常率

重心動揺検査を男女別年齢別基準値と比較した。2SD以上の異常値を示した割合は、外周面積では開眼58.7%、閉眼61%、速度では開眼47.6%、閉眼46%であった。

持続時間を180秒と換算して統計学的検討をした。カードキットは、日本人に馴染みのある12種類の臭素をマイクロカプセル化して納めたカード型試料を用い、各においについて、被検者は正解を含む4つの選択肢と「分からない」、「無臭」の6項目から選択し、正解数でその被検者の嗅覚同定能力を評価した。なお同様の嗅覚検査のスコアと基準嗅力検査(T&Tオルファクトメトリー)の認知平均嗅力損失値の相関関係はすでに実証されている<sup>2)</sup>。

重心動揺検査の結果は、めまい・平衡障害の程度の評価に有用である外周面積<sup>3)</sup>を聴力検査、味覚検査、嗅覚検査の各々の結果を比較検討した。なお統計処理は、Statcel 3を用いスピアマンの順位相関係数検定にて検討した。

検査は、ENG以外はすべて同一日に施行し、ENGは初診より1カ月以内に行った。

## 結 果

眼振検査では、35例(13.8%)に眼振を認めた。その内訳は、自発および注視では、一側側方注視眼振2例、定方向性水平および水平回旋混合性眼振13例、下眼瞼向き眼振3例、上眼瞼向き眼振2例であった。頭位眼振は、方向交代性下向性眼振12例、方向交代性上向性眼振3例であった。外傷後に生じた頸部痛やその不安のため、懸垂頭位をとれない症例や、頭位変換をすばやく行うことができなかつた症例も多くあったが、典型的な頭位変換眼振は認めなかつた。また眼振のほとん

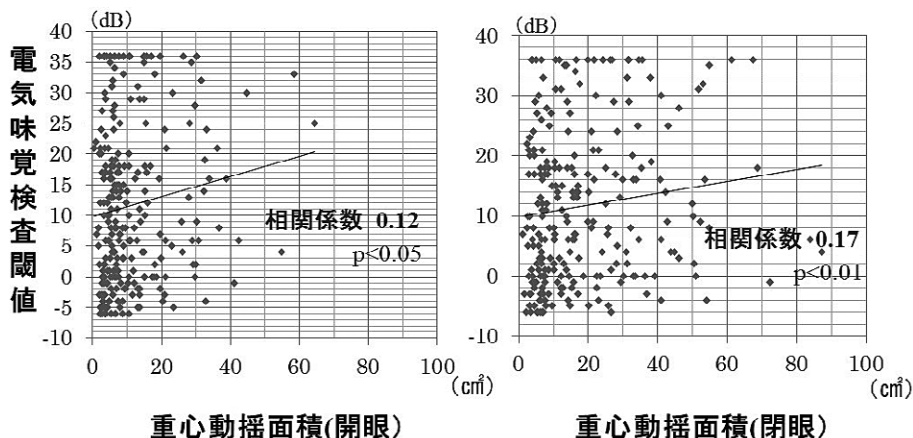


図3 電気味覚検査と重心動揺

鼓索神経領域の電気味覚検査と重心動揺検査の外周面積との間の相関は低かった。(スピアマンの順位相関係数検定)

どは小打性であった。

重心動揺検査の平均値と標準偏差 (SD) は、外周面積開眼11.3 (cm<sup>2</sup>) SD 10.4, 外周面積閉眼19.0, SD 16.4, 単位時間軌跡長開眼2.2 (cm/s) SD 1.6, 単位時間軌跡長閉眼3.3, SD 1.8, ロンベルグ率 (面積) 1.93, SD 1.3であった。なお本症例の平均年齢における健常者平均値は、外周面積開眼2.89, 外周面積閉眼4.04, 単位時間軌跡長開眼1.19, 単位時間軌跡長閉眼1.81, ロンベルグ率 (面積) 1.46であり、本症例では増大していた。重心動揺検査を男女別年齢別基準値と比較した異常率は、外周面積では開眼58.7%, 閉眼61%, 単位時間軌跡長では開眼47.6%, 閉眼46%であった (図2)。一方、ロンベルグ率の異常率は、15.7%と低かった。パワースペクトラムにおいて、特定のピーク周波数は、全症例で認められなかった。

カロリック検査の結果は、左右とも正常例43例, 片側 CP 疑い21例, 両側 CP 疑い6例, 片側中程度 CP6例, 両側中程度 CPなし, 片側重度 CP1例, 両側重度 CP1例であった。ETTとOKPであるが、両者ともに異常を認めたもの9例, ETTのみ異常を認めたもの3例, OKPのみ異常を認めたもの3例であった。なおカロリック検査とETTまたはOKPに異常をきたした症例は5例であった。

純音聴力検査の平均値 (四分法) は22.7 dB, 聴力の左右差6.0 dBであった。聴力は正常~軽度低下を示したものがほとんどであった。純音聴力平均値と重心動揺の外周面積とは相関を認めた (相関係数 開眼0.28, 閉眼0.34)。聴力閾値の左右差と外周面積とは相関を認めなかったが、語音弁別能とは、負の相関を認めた (相関係数 開眼-0.22, 閉眼-0.26)。

鼓索神経領域の電気味覚検査平均閾値は12 dB, 濾紙検査の平均閾値は4.56と軽度の低下を認めた。電気味覚検査の閾値と重心動揺検査の外周面積の間には、鼓索神経領域 (図3) の相関は低く (相関係数 開眼0.12, 閉眼0.17), 舌咽神経領域, 大錐体神経領域とも相関を認めなかった。濾紙味覚検査 (鼓索神経領域の左右平均) の閾値と重心動揺検査の外周面積の関係を図4に示した。相関係数は、開眼0.17, 閉眼0.21と同様に低かった。また電気味覚検査において鼓索神経領域で6 dB以上の左右差を認めたものは、正常範囲をふくめて75例 (29.5%) と両側同程度の閾値が多かった。

アリナミンテストの潜伏時間の中央値は15秒, 持続時間の中央値は90秒, 嗅覚同定正解数の平均は6.6/12であった。年齢を考慮すると、両者とも正常~軽度の低下であった。アリナミンテストの潜伏時間と重心動揺検査の外周面積の関係を図



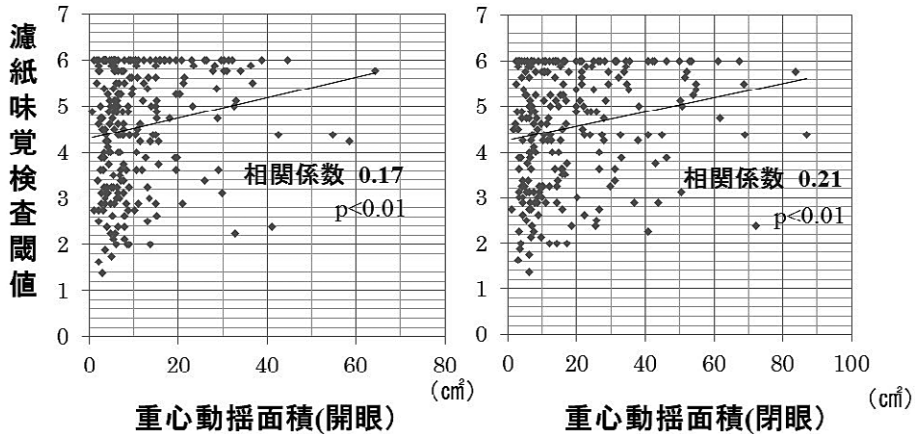


図4 濾紙味覚検査と重心動揺

鼓索神経領域の濾紙味覚検査と重心動揺検査の外周面積との間の相関は低かった。(スピアマンの順位相関係数検定)

5に示した。相関係数は、開眼0.24、閉眼0.29と相関を認めた。嗅覚同定正解数と重心動揺検査の外周面積の関係を図6に示した。相関係数は、開眼-0.43、閉眼-0.47と他の項目に比較してより高い負の相関を認めた。

なお、今回の対象者の年齢と重心動揺の相関係数は、開眼0.17、閉眼0.17 ( $p < 0.01$ ) と相関は低かった。

#### 考 察

外傷後にはっきりした病巣が不明であるにもかかわらず、慢性的なめまい・ふらつきが持続する症例を経験する。このような病態を解明するために、平衡機能検査を施行し、重心動揺と他の神経耳科学的な所見との関連を検討した。

眼振検査で眼振が認められたものは、全体の13.8%であった。急性期をすぎた症例であったため、すでに治癒したものや代償機転が働いた症例もあると考えられた。患者の問診より、事故当初は良性発作性頭位眩暈症(BPPV)と思われる頭位変換時の回転性めまいが発症していた症例もあったが、それらは受傷後初期の段階に改善傾向を示した。その後長期にわたり持続している慢性的なめまい・ふらつきは、頭位と関係のない非回転性の浮動性のもので、BPPVとは異なる性質のものであった。ENGは、3割程度の症例に行っているが、CP確実例は8例(施行例の10.3%、全

体の3%)、片側疑い例も含めると29例(施行例の37.2%、全体の11.4%)であった。ENGは、全例に施行していないが、診察時にさらに精査が必要と考えられた症例を選択して行っているため、おそらくCPを認める症例は多くとも全体の15~20%以下と推測した。重心動揺検査でロンベルグの異常率も15.7%であったことより、おそらく内耳障害も15~20%程度で存在しているのではと考えた。

OKP、ETTの異常はともに12例(施行例の15.4%、全体の4.7%)に認められ、両者を合わせて15例(施行例の19.2%、全体の5.9%)と脳幹小脳障害も全体の10%以下であろうと考えた。また重心動揺と味覚障害との相関は、閾値、同定ともに低かった。上位中枢における味覚路は未だはっきりしないところもあるが、中耳~内耳道および脳幹領域の障害とめまい、ふらつきとの直接的な関連は少ないものと推測した。

嗅覚同定は、聴覚、味覚と比較して重心動揺との相関が高かった。一般的に、外傷性の嗅覚障害は頭部外傷後の4~5%におこると報告されており、そのほとんどは、嗅神経の軸索である嗅糸の障害であると考えられている<sup>4)</sup>。Sumner<sup>5)</sup>らは、外傷性嗅覚障害のほとんどが画像上嗅神経を損傷する可能性のある前頭葉の脳挫傷などの所見を認めることが多いと報告しており、その障害は、嗅

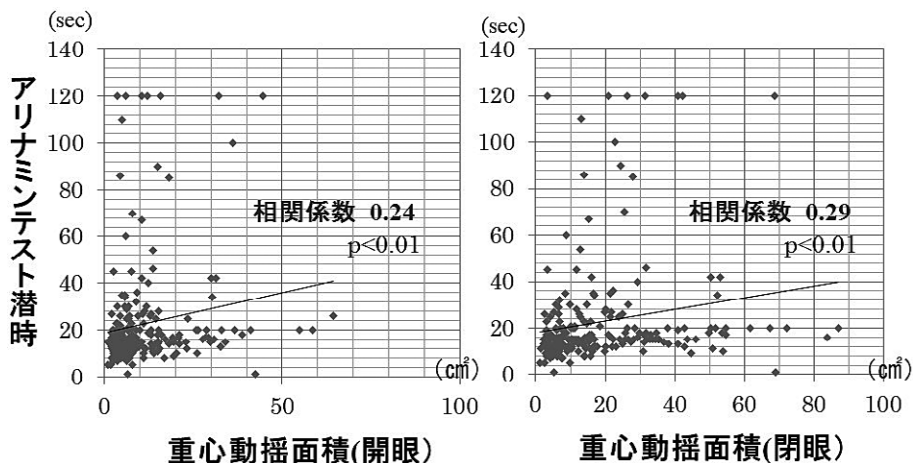


図5 静脈性嗅覚検査と重心動揺  
アリナミンテストの潜伏時間と重心動揺検査の外周面積との間には、相関が認められた。(スピアマンの順位相関係数検定)

覚閾値の障害であった。しかし今回の症例では、画像に異常所見は認められず、嗅覚障害も嗅覚閾値ではなく同定障害とより強い相関が認められた。このことから、嗅糸などの嗅神経領域ではなく、嗅覚認知領域の障害が、身体動揺と何らかの関連があるのではないかと推測した。

この現象を、嗅覚と平衡との関連ではなく、外傷による脳の損傷の大きさに起因しているのではと考えることもできる。Reiter<sup>6)</sup>らは、嗅覚障害の程度は外傷の重症度および外傷後の意識障害の程度に比例して悪くなると報告している。本症例でも画像では確認できないが、なんらかの障害が外力により生じ、それが大きいほど嗅覚障害が悪化し、またふらつきも増大した可能性も否定できない。ただしその場合、嗅覚以外の感覚障害も損傷の程度に比例して増悪傾向を示すはずである。しかし聴覚や味覚の障害よりも、明らかに嗅覚の同定が重心動揺と相関が高いことより、損傷の程度によるものではないと考えた。

嗅覚と身体動揺に関する報告は、嗅覚と小脳の関連についてMRIを用いた文献がいくつか認められた。Bitterらは<sup>7)</sup>、嗅覚脱失例では、小脳を含む灰白質の容積がMRI画像において減少していると、報告している。また嗅覚刺激が小脳を賦活化することがfMRIで認められたという報告もあり<sup>8)~11)</sup>、嗅覚と小脳の機能的な関係が示唆さ

れる。しかし、嗅覚路と小脳との直接的な関連を示す解剖学的経路ははまだわかっていない。本症例では、MRIで小脳の異常所見は認められず、またfMRIは施行していない。ETTで異常を示した症例は少ないことより、小脳障害によるものは少ないのではと考えた。また重心動揺検査のパワースペクトラムにおいて、小脳障害の際に増大すると報告されている<sup>12)</sup> 3 Hzピーク周波数も認められなかったことより小脳障害による平衡障害は少ないと思われた。

嗅覚障害と平衡障害との関係をのべている臨床関連の文献は数少ない。檜らが報告しているが<sup>13)14)</sup>、興味深いことに、彼らの症例も頭と頸部の外傷後遺症の症例であった。ただし彼らが報告している症例は、嗅覚同定障害ではなく嗅覚過敏症例であった。嗅覚同定障害と嗅覚過敏との関係は不明であるが、いずれにせよ単なる嗅覚閾値の低下ではなく、嗅覚の高次中枢がかかっていると思われる。また彼らは、鞭打ち症例で発症する心因性のめまいについても報告しているが、これらの背景には、大脳辺縁系 ⇄ 視床下部 ⇄ 脳幹平衡中枢を結ぶ神経路の活動性亢進、特にその中に含まれる交感神経成分のそれがあることを報告している<sup>15)</sup>。嗅覚過敏症例も、外傷後の心因性めまいと類似しためまいであり、扁桃核を介した大脳辺縁系、視床下部（とくにその中に含まれる交

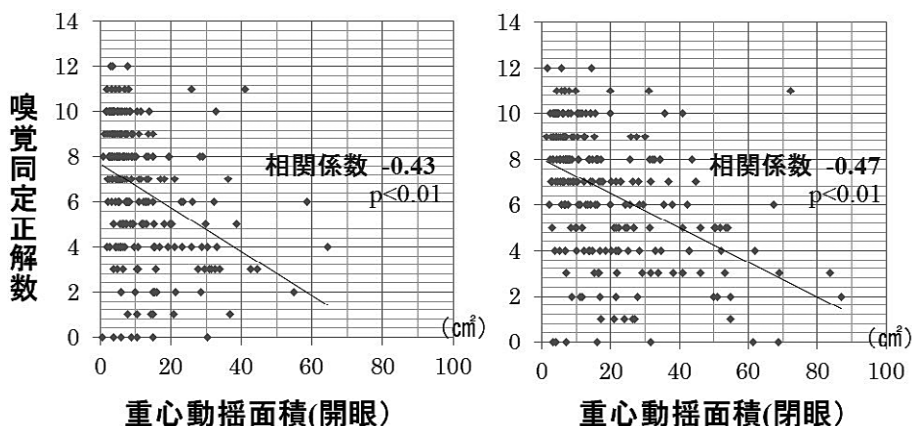


図6 嗅覚同定検査と重心動揺

嗅覚同定正解数と重心動揺検査の外周面積との間には、他の項目に比較してより高い負の相関が認められた。(スピアマンの順位相関係数検定)

感神経成分)が過剰に興奮し、それが脳幹平衡中枢に伝えられ、めまいが誘発されている可能性がある」と述べている。

嗅覚認知障害は、アルツハイマー病の初期症状として広く知られている<sup>16)</sup>。嗅覚閾値の障害は、認知症との関連を認めず末梢の障害と考えられ、嗅覚識別や同定検査の障害は認知症との関連があると報告されている<sup>17)</sup>。嗅覚認知障害を認めた高齢者の病理解剖では、海馬と嗅内野にアルツハイマー病と同じ神経原線維変化が病理所見で認められている<sup>18)</sup>。さらに認知症のない高齢者においても、嗅覚認知障害は、将来認知症になるリスクであると報告されている<sup>19)</sup>。また外傷後長期経過した(平均11年)症例において、嗅覚認知障害が種々の全般的な認知症と相関していたという報告もある<sup>20)</sup>。一方、軽度の認知症では、認知症を認めない症例に比較して重心動揺の増大が認められている<sup>21)</sup>。今回の症例では、高次脳機能などの認知に関しては検討していないが、嗅覚認知障害が全般的な軽度認知症の初期を表しており、そのことが平衡障害を引き起こしている可能性も否定できない。

嗅覚の神経路は、嗅覚刺激が嗅上皮で受容された後、嗅球から前梨状皮質、後梨状皮質、扁桃体、嗅内皮質といった一次嗅覚野に伝えられる。その後さらに、海馬や眼窩前頭野などの二次嗅覚野に

連絡し、高次の嗅覚認知にかかわっていると考えられている<sup>22)</sup>。最近の研究で、嗅内皮質、海馬は、嗅覚の認知に関与しているとともに、空間認知や自己の位置にかかわる細胞が存在していることが明らかにされている<sup>23)~25)</sup>。さらに、海馬には、末梢前庭から前庭神経核や嗅内皮質を經由して複数の経路でつながっていると考えられている<sup>26)</sup>。本症例では、空間識に関する精査は行っていないため、これらが障害されているかどうかは不明であるが、嗅覚高次中枢が平衡に関与している経路としてその可能性も推測した。

一般的なMRIやその他の検査で異常が認められず、心因性と診断されていた症例が、後にトラクトグラフィーや高ステラのMRIで脳に異常を指摘される場合も臨床では時々経験する。心は脳の反応であるので、心因性と脳障害の鑑別は画像上異常を認めない場合は難しい。とくに外傷の場合、追突事故などでも急激な加速減速などの外力が頭部に加わることにより、脳に何らかの障害が発生した可能性も否定できず<sup>27)~28)</sup>、心因性の判断には注意を要する。今後さらなる最新の検査で、本症例に共通した病態が明確になることを期待する。

#### まとめ

画像所見に異常を認めないにもかかわらず、外傷後に慢性的なめまい・ふらつきが持続する254

例の検査結果を検討した。眼振やENGなどから、内耳性は15~20%、また脳幹小脳によるものは全体の10%以下と考えた。重心動揺検査では、開眼・閉眼とも約60%に外周面積の増大を認めており、平衡障害の機転を推測するために、外周面積と他の神経耳科学的検査とを比較した。その結果、嗅覚同定障害とより高い相関を認め、嗅覚認知障害とふらつきは何らかの関連があると考えた。今回はさらに詳しい検査を行っていないため病態を特定できないが、大脳辺縁系や視床下部を介し自律神経、認知機能、空間識などを通して嗅覚認知が平衡に関与している可能性を推測した。

本研究は川崎市立川崎病院治験審査・臨床研究倫理審査委員会の承認の下に行われた。

### 謝 辞

稿を終えるに際し、ひらの亀戸ひまわり診療所の石橋 徹先生、東海大学工学部医用生体工学科の衛藤憲人先生、川崎市立川崎病院外来スタッフの皆様へ深謝いたします。

本論文の要旨は、第73回日本めまい平衡医学会学術講演会(2014年横浜)において発表した。

### 文 献

- 1) 今岡 薫, 村瀬 仁, 福原美穂: 重心動揺検査における健常者データの集計. *Equilibrium Res Suppl* 12: 1-84, 1997
- 2) 洲崎春海, 渋谷恵夏: においの識別検査—スティック型検査—. 阪上雅史, 池田勝久, 加我君孝, 他編. *耳鼻咽喉科臨床プラクティス* 12 嗅覚味覚障害の臨床最前線(阪上雅史編. 52-55頁, 文光堂, 東京, 2003
- 3) 時田 喬: 重心動揺検査 その実際と解釈. III 重心動揺検査項目 9-16頁, アニマ株式会社, 東京, 2002
- 4) 調所廣之: 外傷性嗅覚障害. *JOHNS* 16: 767-770, 2000
- 5) Sumner D: Post-traumatic ageusia. *Brain* 90: 187-202, 1967
- 6) Reiter ER, DiNardo LJ, Costanzo RM: Effects of head injury on olfaction and taste. *Otolaryngol Clin North Am* 37: 1167-1184, 2004
- 7) Bitter T, Gudziol H, Burmeister HP, et al.: Anosmia Leads to a Loss of Gray Matter in Cortical Brain Areas. *Chemical Senses* 35: 407-415, 2010
- 8) Yousem DM, Williams SC, Howard RO, et al.: Functional MR imaging during odor stimulation: preliminary data. *Radiology* 204: 833-838, 1997
- 9) Sobel N, Prabhakaran V, Hartley CA, et al.: Odorant-induced and sniff-induced activation in the cerebellum of the human. *J Neurosci* 18: 8990-9001, 1998
- 10) Qureshy A, Kawashima R, Imran M, et al.: Functional mapping of human brain in olfactory processing: a PET study. *J Neurophysiol* 84: 1656-1666, 2000
- 11) Ferdon S, Murphy C: The cerebellum and olfaction in the aging brain a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroimage* 20: 12-21, 2003
- 12) 伊保清子, 浅野和江, 村山真弓, 他: 脊髄小脳変性症における重心動揺検査 特に3Hz周期の動揺について. *Equilibrium Res* 70: 67-76, 2011
- 13) 中西和仁, 檜 学: 嗅刺激で誘発される眼球運動特に大脳辺縁系の2, 3の核についての比較観察. *Equilibrium Res* 40: 208-216, 1981
- 14) 檜 学: 匂いとめまい. *めまいの科学*. 174-208頁, 朝倉書店, 東京, 1992
- 15) 檜 学: 心と身体の接点. *めまいの科学*. 140-173頁, 朝倉書店, 東京, 1992
- 16) Serby M, Larson P, Kalkstein D: The nature and course of olfactory deficits in Alzheimer's disease. *Am J Psychiatry* 148: 357-360, 1991
- 17) Hedner M, Larsson M, Arnold N et al.: Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks. *J Clin Exp Neuropsychol* 32: 1062-1067, 2010
- 18) Wilson RS, Arnold SE, Schneider JA, et al.: The relationship between cerebral Alzheimer's disease pathology and odour identification in old age. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 78: 30-35, 2007
- 19) Wilson RS, Schneider JA, Arnold SE, et al.: Olfactory identification and incidence of mild cognitive impairment in older age. *Arch gen*



- psychiatry 64: 802-808, 2007
- 20) Neumann D, Zupan B, Babbage DR, et al.: Affect recognition, empathy, and dysosmia after traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil 93: 1414-1420, 2012
- 21) Shin BM, Han SJ, Jung JH, et al.: Effect of mild cognitive impairment on balance. J Neurosci 305: 121-125, 2011
- 22) Gottfried JA: Central mechanisms of odour object perception. Nat Rev Neurosci, 11: 628-641, 2010
- 23) O'Keefe J: Place units in the hippocampus of the freely moving rat. Exp Neurol 51: 78-109, 1976
- 24) Hafting T, Fyhn M, Molden S, et al.: Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. Nature 436: 801-806, 2005
- 25) Doeller CF, Barry C, Burgess N: Evidence for grid cells in a human memory network. Nature 465: 657-661, 2010
- 26) Hitier M, Besnard S, Smith PF: Vestibular pathways involved in cognition. Front Integr Neurosci 23: 8-59, 2014
- 27) 石橋 徹: WAEはどのようにして起こるのか. 軽度外傷性脳損傷. 17-22頁, 金原出版, 東京, 2009
- 28) 石橋 徹, 相馬啓子, 安田耕作, 他: 軽度外傷性脳損傷の実際 学際的アプローチと多重的脳画像診断学. 労働者住民医療 10: 9-22, 2015
- 利益相反に該当する事項はない。