

## Baş dönmesi atakları sırasında arteriyel kan gazı anormallikleri

### Arterial blood gas abnormalities during attacks of dizziness

Dr. Celal KALKIŞIM, Dr. M. Doğan ÖZKUL, Dr. İbrahim ÇUKUROVA, Dr. İlker Burak ARSLAN

**Amaç:** Baş dönmesi (dizziness) yakınmasıyla başvuran hastalarda kan gazı anormallikleri araştırıldı.

**Hastalar ve Yöntemler:** Çalışmaya baş dönmesi yakınmasıyla başvuran 58 hasta (39 kadın, 19 erkek; ort. yaş 46; dağılım 22-74) alındı. Yakınmaların süresi bir gün ile 30 yıl arasında değişmekteydi. Kan gazı analizleri hastaların atak ile başvurdukları sırada ve tedavilerinden bir ay sonrasında yapıldı. Hastalar Meniere sendromu (n=14), benign pozisyonel paroksizmal vertigo (BPPV) (n=13), vertebroziler yetmezlik (n=12), vestibüler nörit (n=4), kraniyo-servikal miyofasyal sendromlar (KSMS) (n=15) olarak beş gruba ayrıldı.

**Bulgular:** Başvuru anında pH değeri iki hastada (%3.5) düşük (asidoz), 15 hastada (%25.9) yüksek (alkaloz) bulundu. pH'deki anormal değerlerin tümü tedaviden sonra normale döndü. Başlangıç  $\text{HCO}_3^-$  düzeyi 24 hastada düşük veya yüksek idi. Bu hastaların üçünde bir ay sonra  $\text{HCO}_3^-$  seviyesi yüksek bulunurken baş dönmesi yakınmaları devam etmekteydi. Vestibüler nörit grubunun başlangıç ortalama  $\text{PO}_2$  değeri, KSMS ve vertebroziler yetmezlik gruplarından anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p<0.05$ ). Tanı grupları arasında tedavi sonrası  $\text{PO}_2$  değerleri açısından anlamlı farklılık yoktu ( $p>0.05$ ). Her bir tanı grubu içinde vertigo anındaki ve tedavi sonrasındaki kan gazı ölçüm değerleri anlamlı farklılık göstermedi ( $p>0.05$ ).

**Sonuç:** Bulgularımız, arteriyel kan gazı anormalliklerinin vertigo atağıyla ilişkili olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Asit-baz dengesizliği; kan gazı analizi; baş dönmesi; Meniere hastalığı; vertigo.

**Objectives:** We investigated arterial blood gas abnormalities in patients presenting with dizziness.

**Patients and Methods:** The study included 58 patients (39 females, 19 males; mean age 46 years; range 22 to 74 years) who presented during attacks of dizziness. The duration of vertigo complaints ranged from one day to 30 years. Arterial gas measurements were performed at presentation and one month after treatment. The patients were examined in five groups according to the diagnoses: Meniere's disease (n=14), benign paroxysmal positional vertigo (n=13), vertebrobasilar insufficiency (n=12), vestibular neuritis (n=4), and craniocervical myofascial syndromes (n=15).

**Results:** At presentation, pH was low (acidosis) in two patients (3.5%), and high (alkalosis) in 15 patients (25.9%). After treatment, all abnormal pH values returned to normal. Twenty-four patients had high or low  $\text{HCO}_3^-$  values. High  $\text{HCO}_3^-$  values persisted in three patients together with dizziness. Patients with vestibular neuritis had significantly higher  $\text{PO}_2$  values compared to those with craniocervical myofascial syndrome and vertebrobasilar insufficiency ( $p<0.05$ ). However, one month after treatment, there were no significant differences between five groups with respect to  $\text{PO}_2$  levels ( $p>0.05$ ). Consecutive blood gas measurements did not differ significantly within each diagnosis group ( $p>0.05$ ).

**Conclusion:** Our results suggest that arterial blood gas abnormalities may be related to vertigo attacks.

**Key Words:** Acid-base imbalance; blood gas analysis; dizziness; Meniere's disease; vertigo.

\* Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Kliniği (Department of Otolaryngology, Tepecik Training and Research Hospital), İzmir, Turkey.

\* Dergiye geliş tarihi - 29 Eylül 2005 (Received - September 29, 2005). Düzeltme isteği - 31 Ocak 2006 (Request for revision - January 31, 2006). Yayın için kabul tarihi - 30 Mart 2006 (Accepted for publication - March 30, 2006).

\* İletişim adresi (Correspondence): Dr. İlker Burak Arslan. 1399 Sokak, No: 11, D: 3, 35360 Alsancak, İzmir, Turkey. Tel: +90 232 - 464 36 26 Faks (Fax): +90 232 - 464 36 26 e-posta (e-mail): ilkerburakarslan@hotmail.com

\* 28. Türk Ulusal Otorinolaringoloji ve Baş-Boyun Cerrahisi Kongresi'nde poster olarak sunulmuştur, 21-26 Mayıs 2005, Antalya (Presented at the 28th National Congress of Turkish Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, May 21-26, 2005, Antalya, Turkey).

Denge bozukluğu birçok farklı duyuyu içerebilen genel bir terimken, vertigo sadece vestibüler sistemdeki hastalıklara bağlı ortaya çıkan özel bir hareket halüsinasyonuna verilen addır. Vertigo spesifik bir tanıyı ifade etmemektedir ve pek çok hastalığa bağlı olarak görülebilen, kişiyi rahatsız eden ve bazen de iş gücünden alıkoyacak, hatta yatağa bağımlı hale getirecek kadar şiddetli olabilen bir semptomdur.

Vertigo yakınması, KBB polikliniğine başvuru sıklığında en önde gelenler arasındadır. Bu yakınmaya, sağlık kuruluşlarına başvuran tüm hastaların yaklaşık %5'inde, KBB ve nöroloji polikliniğine başvuran hastaların %10-15'inde, acil servise başvuranların ise %26'sında rastlandığı bildirilmiştir.<sup>[1]</sup>

Bu kadar sık görülmesi ve etyolojinin aydınlatılmamış olması nedeniyle, etyolojiye ışık tutabilmek amacıyla baş dönmesi olan hastalarda kan gazı değerlerini araştırmayı amaçladık.

#### HASTALAR VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, Eylül 2000-Aralık 2003 tarihleri arasında, vertigo ve dizziness yakınmaları ile izlenen 58 hasta (39 kadın, 19 erkek; ort. yaş 46; dağılım 22-74) incelendi. Vertigo yakınmalarının süresi bir gün ile 30 yıl arasında değişmekteydi. Hastalar öykü, otoneurolojik muayene, hemogram, kan biyokimyası ve elektrolitleri, tam idrar tahlili, tiroid fonksiyon testleri, iki yönlü servikal radyografiler, saf ses odometri, nistagmus muayesi, Dix-Hallpike manevrası, minimal ve bitermal kalorik testlerle değerlendirildi. Minimal kalorik test 27 °C su ile yapıldı. Bitermal kalorik testte 30 ile 44 °C su kullanıldı ve teste sol kulağa 30 °C su verilerek başlandı. Test hasta sandalyede dik oturur ve başı 60 derece hiperekstansiyonda olacak şekilde yapıldı ve oluşan nistagmus süreleri toplanarak yön üstünlüğü, hiperekstansiyon, arefleksi, hiporefleksi gibi sonuçlar şeklinde kaydedildi.

Hastalara vertigo ile başvurdukları zaman ve bir ay sonra kan gazı analizi yapıldı. Kan gazları analizi AVL Compact 2 Blood Gas Analyzer (AVL Medical Instruments, Graz, Avusturya) model cihazda yapıldı. Kan gazlarında normal değer olarak pH için 7.360-7.440, PCO<sub>2</sub> için 32-45 (mmHg), PO<sub>2</sub> için 75-100 (mmHg), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> için 20-26 (mEq/l), BA (baz açığı) için -3 ile +3 (mmol/l), O<sub>2</sub> satürasyonu için %95-98 aralıkları alındı ve sınır değerler anormal kabul edildi.

Vertigo yakınması ile başvuran hastalar önce Meniere sendromu (n=14), benign pozisyonel paroksizmal vertigo (BPPV) (n=13), vertebroziler yetmezlik (VBY) (n=12), vestibüler nörit (n=4), kraniyoservikal miyofasyal sendromlar (KSMS) (n=15) olarak beş gruba ayrıldı. Sonra bu beş grup; periferik (Meniere sendromu+BPPV), santral (VBY+vestibüler nörit) ve KSMS olarak üç gruba ayrıldı.

Beş grup arasındaki kan gazı ortalama değerleri karşılaştırıldı. Hastalık anındaki Dix-Hallpike ve minimal kalorik test bulguları karşılaştırıldı. Tanı anındaki nistagmus bulguları karşılaştırıldı. Tüm hastaların tedavi öncesi ve sonrası kan gazı ilişkileri incelendi.

Elde edilen bulgular gruplar arasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA), Tukey-HSD post-hoc testi, Pearson ki-kare testi ile değerlendirildi.

#### BULGULAR

Vertigo ve dizziness yakınması olan hastalarda başvuru anındaki ve tedavi sonrası arteriyel kan gazı analizi değerleri Tablo 1'de gösterildi. Başvuru anında iki hastada (%3.5) düşük pH değeri asidozu gösterirken, 15 hastada (%25.9) yüksek pH değeri alkalozu göstermekteydi. Metabolik asidozlu hastaların ikisi de periferik vestibüler sistem hastasıydı. pH'nin yüksek bulunduğu 15 hastanın 10'u (%66.7) periferik vestibüler sistem, üçü (%20) santral vestibüler sistem, ikisi (%13.3) KSMS hastasıydı. pH'deki anormal değerlerin tüm hastalarda tedaviden sonra normale döndüğü görüldü.

Yirmi dört hastada, vertigo anında HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> düzeyi düşük veya yüksek idi. Bu hastaların üçünde bir ay sonra HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> seviyesi yüksek bulunurken dizziness yakınmaları devam etmekteydi.

Her bir tanı grubu içinde, vertigo anındaki ve tedavi sonrasındaki pH, PCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, BA, O<sub>2</sub> satürasyonu ölçüm değerleri anlamlı farklılık göstermedi (p>0.05).

Vertigo anındaki PO<sub>2</sub> ölçüm değeri ortalamaları açısından tanı grupları arasında anlamlı farklılık vardı (p<0.05). Elde edilen bu anlamlı farklılıktan sonra yapılan Tukey-HSD post-hoc testinde, vestibüler nörit grubunun ortalama PO<sub>2</sub> değeri, KSMS ve VBY gruplarından anlamlı derecede yüksek bulundu (p<0.05). Beş tanı grubunun tedavi sonrası PO<sub>2</sub> ölçüm değerleri ortalamaları arasında ise anlamlı farklılık yoktu (p>0.05). Vertigo anında sağ-sol

TABLO I  
VERTİGOLU HASTALARDA BAŞVURU ANINDAKİ VE TEDAVİDEN SONRAKİ  
KAN GAZLARI DEĞERLERİ

	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası			
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	
pH	Düşük	2	3.5	Normal	58	100.0
	Normal	41	70.7			
	Yüksek	15	25.9			
PCO <sub>2</sub>	Düşük	15	25.9	Düşük	7	12.1
	Normal	39	67.2	Normal	49	84.5
	Yüksek	4	6.9	Yüksek	2	3.5
PO <sub>2</sub>	Düşük	3	5.2	Düşük	2	3.5
	Normal	30	51.7	Normal	43	74.1
	Yüksek	25	43.1	Yüksek	13	22.4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Düşük	11	19.0	Normal	55	94.8
	Normal	34	58.6			
	Yüksek	13	22.4			
BA (Baz açığı)	Düşük	11	19.0	Normal	57	98.3
	Normal	39	67.2			
	Yüksek	8	13.8			
O <sub>2</sub> satürasyonu	Düşük	6	10.3	Düşük	5	8.6
	Normal	31	53.5	Normal	23	39.7
	Yüksek	21	36.2	Yüksek	30	51.7

kulak saf ses odyometri ölçüm değeri ortalamaları anlamlı farklılık göstermedi ( $p>0.05$ ).

Benign paroksizmal pozisyonel vertigo hastalarında %92.3 oranında pozisyonel nistagmus gözlemlendi. Bu hastaların çoğunluğu orta ve ileri yaş grubundaydı ve tüm hastaların %22.4'ünü oluşturmaktaydılar. Ayrıca, Meniere ve vestibüler nörit hastalarının hepsinde nistagmus saptandı. Kranio-servikal miyofasyal sendromlu hastalarda nistagmus görülmeydi. Vertebroz baziller yetmezlikli hastalarda ise %8.3 oranında nistagmus görüldü.

### TARTIŞMA

Çalışmamızda iki hastada (%3.5) pH düşük, yani asidoz varken, 15 hastada (%25.9) pH yüksek (alkaloz) bulundu. Metabolik asidozlu hastaların ikisi de periferik vestibüler sistem hastasıydı. pH'nin yüksek bulunduğu 15 hastanın 10'u (%66.7) periferik vestibüler sistem, üçü (%20) santral vestibüler sistem, ikisi (%13.3) KSMS hastasıydı. Hastaların tedavileri tamamlandıktan sonra yapılan kan gazı kontrollerinde, hiçbir hastada anormal pH bulgusuna rastlanmadı. Vertigo ve dizziness yakınmaları olan

hastalarda hastalık grupları arasında anlamlı fark bulunmadı. Tedaviden sonra pH değerlerinin normal bulunması, pH'nin hastalığın takibinde kullanılabilir bir parametre olabileceğini düşündürmektedir.

Hastalık anındaki kan gazı analizlerinde en sık karşılaştığımız anormal değerlerden biri de 11 hastada (%19) düşük, 13 hastada (%22.4) yüksek bulunan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> idi. Tedaviden sonra sadece üç hastada (%5.2) yüksek HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> seviyesi gözlemlendi ve bu hastaların vertijinöz yakınmaları devam etmekteydi. Bu bulgu, anormal HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> düzeyi görülen hastalarda dizziness ve vertigo yakınmalarının devam ettiğini;<sup>[2]</sup> Meniere'li hastalarda HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve BA değerlerinin normal sınırların üzerinde seyrettiğini;<sup>[3]</sup> hemilabirentektomili tavşanlarda suni asidozun vertijinöz ataklara neden olduğunu<sup>[4]</sup> bildiren çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

Baz açığı seviyeleri 11 hastada (%19) düşük, sekiz hastada (%13.8) yüksek bulundu ve hastalık grupları arasında anlamlı fark bulunmadı. Tedaviden sonra sadece bir hastada BA yüksek bulundu ve bu hasta Meniere krizindeydi. Vertigo krizi devam eden bu

Meniere hastasının aynı zamanda  $\text{HCO}_3^-$  seviyesi de yüksekti. Bu metabolik bozukluk (alkaloz), çeşitli çalışmalarda Meniere'li hastalarda bildirilen vertigo sırasındaki metabolik bozukluk (asidoz)<sup>[3,5,6]</sup> ile uyumlu değildi.

Vertigo anında  $\text{PCO}_2$  15 hastada (%25.9) düşük, dört hastada (%6.9) yüksek bulundu.  $\text{PCO}_2$ 'nin düşük olduğu 15 hastanın 10'u (%66.7) periferik vestibüler sistem, dördü (%26.7) santral vestibüler sistem, biri de (%6.7) KSMS hastasıydı. Tedaviden sonra  $\text{PCO}_2$  yedi hastada (%12.1) düşük, iki hastada (%3.5) yüksek bulundu. Düşük karbondioksit değerleri olan hastalardan ikisi Meniere, üçü BPPV, biri vestibüler nörit, biri de KSMS hastasıydı. Vertebroz baziller yetmezlik olan hastalarda  $\text{PCO}_2$  düşüklüğüne rastlanmadı. Tedavi öncesi ile tedavi sonrası  $\text{PCO}_2$  seviyeleri arasında ve hastalık grupları arasında anlamlı fark bulunmadı.  $\text{PCO}_2$  düşüklüğünün periferik vestibüler sistem hastalarında daha yaygın olduğu dikkat çekmektedir.<sup>[2]</sup>

Vertigo anında  $\text{PO}_2$  değeri üç hastada (%5.2) düşük, 25 hastada (%43.1) yüksekken; tedaviden sonra iki hastada (%3.5) düşük, 13 hastada (%22.4) yüksek bulundu. Tedavi öncesinde hastaların %48.3'ünde  $\text{PO}_2$  anormal değer gösterirken, tedaviden sonra bu oran %25.9'a geriledi. Vertigo anında  $\text{PO}_2$ 'nin yüksek olduğu 25 hastanın yedisi Meniere, sekizi BPPV, beşi VBY, dördü vestibüler nörit, biri de KSMS hastasıydı. Vestibüler nöritli dört hastanın hepsinde yüksek  $\text{PO}_2$  değeri (ort. 134.95) saptandı. Bu hastalarda  $\text{PO}_2$  değerleri, VBY ve KSMS hastalık gruplarından anlamlı farklılık gösterdi ( $p<0.05$ ).  $\text{PO}_2$ , periferik vestibüler sistem hastalıklarında ( $n=15$ ), santral vestibüler sistem ( $n=9$ ) ve KSMS ( $n=1$ ) hastalıklarına göre anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p=0.024$ ). Vestibüler nöritli hastalarındaki oksijen basıncı değerlerinin yüksek bulunmasının nedeni muhtemelen aşırı oluşan vertijinöz atağın oluşturduğu yoğun anksiyete ya da vagal refleksin oluşturduğu hiperventilasyondur.<sup>[2]</sup>

Tedaviden sonra yaptığımız  $\text{PO}_2$  ölçümlerinde 13 hastada yüksek oksijen seviyesinin sürdüğü görüldü. Bu hastaların ikisinde Meniere, beşinde BPPV, üçünde VBY, birinde vestibüler nörit ve ikisinde KSMS vardı. Vestibüler nöritli hastaların %75'inde tedavi sonrasında yüksek  $\text{PO}_2$  düzeldi. Hastalık anında  $\text{PO}_2$  düzeylerinin Meniere, BPPV, vestibüler nöritli hastalarında yüksek olması ve VBY, KSMS hastalarında normal ya da düşük bulunması,

$\text{PO}_2$ 'nin periferik vestibüler sistem hastalıklarının tanısında destekleyici bulgu olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Oksijen değerlerinin düşük oluşu anlamlı bulunmadı; fakat, düşük değerlerden hiçbiri ( $n=3$ ) Meniere ve vestibüler nöritli hastalarda değildi. Bulgumuzun aksine, Morinaka ve Nakamura<sup>[2]</sup> Meniere'li 36 hastanın dokuzunda düşük  $\text{PO}_2$  bildirmişlerdir.

Kronik bir hastalık olan ve hastaların psikik olarak da yakındıkları Meniere hastalığında, diüretik tedaviye yanıt alamadığımız durumlarda biz de hastalara %5 glukoz solüsyonu ile rehidratasyon uyguladık. Böylece, hem asit-baz dengesinde, hem de klinik olarak önemli yarar sağladık. Her iki düzelmeye de, sadece diüretik tedavi, su ve tuz kısıtlamasının olayın seyrini olumsuz etkileyebileceğini gösterdi. Bundan dolayı, hastalarımıza diüretik tedavi verirken aynı zamanda hidrasyonu artırıcı önerilerde bulunuyoruz.

Aterosklerotik hastalıklar hemodinamik vasküler yetmezliğe yol açar ve vertebroz baziller yetmezlik için bir risk faktörü olabilir. Hiperlipidemi ve özellikle kolesterol yükselmesi serebral kan akımının azalmasında önemli risk faktörleridir.<sup>[7,8]</sup> Çalışmamızda, VBY olan hastaların tümü 40 yaşın üzerindedeydi.

Tanı amacıyla hastalara vertigo anında minimal kalorik test yapıldı. Meniere hastalığı ve vestibüler nöritte test %100 pozitif sonuç verdi. Benign pozisyonel paroksizmal vertigoda bu oran %76.9 iken, VBY ve KSMS hastalarında test negatif bulundu. Vestibüler nörit en sık genç-orta yaşlarda görülür. En sık rastlanan anormal test, etkilenen kulakta azalmış kalorik yanıtıdır. Tipik olarak kalorik yanıt hastalığın seyri içinde düzeldir.<sup>[9,10]</sup> Vestibüler nöritli olan hastalarda santral bir patoloji olasılığı Meniere ve BPPV hastalarına göre biraz daha yüksektir. Bu nedenle, bu yaş grubundaki hastalar için görüntüleme ve Doppler ultrasonografi ile kan akımının incelenmesi önerilmektedir.<sup>[11]</sup> Çalışmamızda da vestibüler nöritli hastalarının tamamı genç-orta yaşta kişilerdi ve 50 yaşın üzerinde hasta yoktu.

Çalışmamızda tüm hastalarda tiroid fonksiyon testleri yapıldı ve sadece bir hastada hipertiroidi saptandı. Bu hastanın ileri tiroid muayenesi ve incelemeleri yapıldı. Multinodüler guatr saptanan bu hasta 39 yaşında bir kadındı; beş yıl önce Meniere hastalığı tanısı konmuştu. Hasta son iki yıldır, ayda

en az iki Meniere atağı geçirmekteydi ve son 15 gündür hiçbir iş yapamamaktaydı. Hastaya Meniere hastalığının tüm tıbbi tedavileri uygulandı ve başarı sağlanamadı. Sağ kulakta %50 sensorinöral işitme kaybı vardı ve bunun için hastaya intratimpanik gentamisin uygulaması yapıldı. Hastanın kliniğinde hiçbir değişiklik olmadı. Hastaya subtotal tiroidektomi yapıldı. Hastanın yakınmaları iki ay sonra tamamen ortadan kalktı ve 16 aylık takip sırasında hastada Meniere krizi oluşmadı. Bu durum, Meniere hastalarında metabolik sistemik bozuklukların prognozu olumsuz etkilediğini düşündürmektedir.

Morinaka ve Nakamura<sup>[12]</sup> vertigo ile başvuran hastalardan her iki orta kulak basıncı arasında fark olanlarda, Meniere grubunda daha belirgin, vertebrobaziler yetmezlikte ise daha az oranda olmak üzere anormal kan gazı seviyeleri saptadıklarını bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, vertigo geniş bir ayırıcı tanı aralığına sahiptir ve hastalara multidisipliner yaklaşılması gerekir. Tedaviye yanıt alınamayan durumlarda metabolik, hormonal değerlendirme ve kan gazı analizi yapılmalıdır.

Vertigolu hastalarda takip amacıyla pH kullanılabilir. Arteriyel kan pH değerlerinde vertigo anında görülen bozukluk ve tedavi sonrası düzelme anlamıdır. Fakat, hastalık grupları arasında anlamlı fark yoktur. Vertigo ve dizziness yakınmaları devam eden hastalarda HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve BA değerleri yüksek bulunmuştur. Genç ve orta yaşlarda daha çok periferik sistem hastalıkları görülürken, ileri yaştaki hastalarda daha çok santral vestibüler patolojiler görülmektedir. Vestibüler nörit hastalarında oksijen basıncı yüksek bulunmuştur; bu durum VBY ve KSMS ayırıcı tanısında yardımcı olabilir. Meniere hastalarında

klasik tedaviye yanıt alınmadığında serum asit-baz dengesi (özellikle asidoz ve alkaloz) incelenmeli, bozuk ise düzeltilmelidir. Meniere hastalarında diüretik tedavi uygulanırken aynı zamanda rehidrasyon da sağlanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

1. Çelik O. Kulak burun boğaz hastalıkları ve baş boyun cerrahisi. İstanbul Turgut yayıncılık; 2002.
2. Morinaka S, Nakamura H. Arterial blood gas abnormalities in patients with dizziness. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998;107:6-9.
3. Celestino D, Iannetti G. Meniere's disease and plasmatic hyperosmolarity. *J Laryngol Otol* 1973;87:229-34.
4. Morinaka S. Effect of experimental acidosis on nystagmus in rabbits. *Acta Otolaryngol* 1994;114:130-4.
5. Makimoto K. Measurements of serum electrolytes and analyses of blood gas in medical treatment of Meniere's disease. In: Kirikae I, Hotoh S, editors. *Key to clinical practice of otorhinolaryngology*. Tokyo: Kanahara-Shuppan; 1977. p. 156-7.
6. Takahashi S, Noda M, Ito K. Observation of equilibrium function and metabolism associated with attacks of vertigo in cases of Meniere's disease. *Annu Gifu City Hosp* 1982;2:49-60.
7. Inui H, Kitaoku Y, Yoneyama K, Nakane M, Ohue S, Yamanaka T, et al. MR-angiographic findings of patients with central vestibular disorders. *Acta Otolaryngol Suppl* 1998;533:51-6.
8. Welsh LW, Welsh JJ, Jaffe SC, Healy MP. Evaluation of the vestibular system by magnetic resonance angiography. *Laryngoscope* 1996;106(9 Pt 1):1138-43.
9. Ryu JH. Vestibular neuritis: an overview using a classical case. *Acta Otolaryngol Suppl* 1993;503:25-30.
10. Okinaka Y, Sekitani T, Okazaki H, Miura M, Tahara T. Progress of caloric response of vestibular neuronitis. *Acta Otolaryngol Suppl* 1993;503:18-22.
11. Magnusson M, Norrving B. Cerebellar infarctions and 'vestibular neuritis'. *Acta Otolaryngol Suppl* 1993;503: 64-6.
12. Morinaka S, Nakamura H. Middle ear pressure in patients with dizziness. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2004;113:906-13.