

양측성전정기능장애에서 맞춤형전정운동의 효과: 단일 기관에서의 선행 연구

최광동, 최서영

부산대학교병원 신경과

Customized Vestibular Rehabilitation in the Patients with Bilateral Vestibulopathy: A Pilot Study in One Referred Center

Kwang-Dong Choi, Seo-Young Choi

Department of Neurology, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

• Received June 12, 2019
Revised Aug 13, 2019
Accepted Aug 20, 2019

• Corresponding Author:
Seo-Young Choi
Department of Neurology, Pusan National University Hospital, 179 Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 49241, Korea
Tel: +82-51-240-7805
Fax: +82-51-240-7085
E-mail: csy035@hanmail.net
ORCID code:
<https://orcid.org/0000-0002-5320-7828>

• Copyright © 2019 by
The Korean Balance Society.
All rights reserved.

• This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objectives: Bilateral vestibulopathy is characterized with unsteadiness and oscillopsia when walking or standing, worsening in darkness and/or on uneven ground. To establish the effect of customized vestibular rehabilitation in bilateral vestibulopathy, we analyzed the questionnaires and functional status before and after treatment.

Methods: Among 53 patients with customized vestibular rehabilitation from January 1st to November 30th in 2018, 6 patients (3 males; median age, 71 years; range, 54–75 years) who regularly exercised with good compliance were retrospectively enrolled. They were educated and trained the customized vestibular rehabilitation once a month or two by a supervisor during 40 minutes, and then exercised at home for 30 minutes over 5 days in a week. Dizziness handicap inventory (DHI), Korean vestibular disorders activities of daily living scale (vADL), Beck's depression index (BDI), test for dynamic visual acuity (DVA), and Timed Up and Go test (TUG) were performed before and after the customized vestibular rehabilitation.

Results: The patients exercised for median 5.5 months (range, 2–10 months) with the customized methods of vestibular rehabilitation, which included gaze and posture stabilization and gait control exercises. DHI score and TUG was improved after rehabilitation (DHI before vs. after rehabilitation=33 vs. 16, $p=0.027$, TUG before vs. after rehabilitation=12 vs. 10, $p=0.026$). BDI, DVA, and vADL scores did not differ between before and after treatment.

Conclusions: Customized vestibular rehabilitation can improve dizziness and balance state in bilateral vestibulopathy. The steady exercises adapted individual peculiarities is the most important for vestibular rehabilitation.

Res Vestib Sci 2019;18(3):64-70

Keywords: Bilateral vestibulopathy; Vestibular rehabilitation; Customized vestibular rehabilitation; Dizziness handicap inventory

서 론

만성양측성전정기능장애(bilateral vestibulopathy, BVP)는 보행 중이나 서 있을 때나 움직일 때 나타나는 어지럼, 동요시가 특징적인 질환으로, 최근 바라니 협회에서 그 진단 기준이 명시되었다[1]. 가장 흔한 원인은 이독성 항생제이고, 그 외로 메니에르병, 감염, 자가면역질환, 유전성 등이 있다[2]. 비교적 최근에는 소뇌 실조와 동반되는 신경퇴행성질환(cerebellar ataxia with neuropathy and vestibular areflexia syndrome)도 BVP의 원인 중 하나로 보고되고 있다[3]. 원인에 따라 그 예후가 다를 수는 있으나, 대부분 약물이나 수술적 치료로 완치가 어려워 다양한 재활 혹은 운동법이 치료 목적으로 처방되고 있다. 2016년 미국물리치료협회에서 발표한 말초전정질환에서의 전정재활치료에 대한 임상 진료지침에서는 BVP 환자들에게 전정재활을 시행하는 것을 수준 1에 근거하여 추천하였다[4].

임상에서 가장 흔하게 사용되는 고전적 전정재활치료는 Cawthorne-Cooksey의 방법으로, 1940년대 2차 세계대전 이후 많은 군인에게 발생한 어지럼의 개선을 목적으로 만들어진 운동 요법이다[5]. 그 이후 전정재활의 개념이 갱신되고 그 임상적 의미가 강조되면서[6], 개인의 신체적 증상과 질환의 병인에 따라 운동법을 맞춰서 처방하고 전정기능을 회복하려는 맞춤전정재활치료가 여러 센터에서 다양한 방법으로 시도되고 있다[7].

국내에서는 비교적 최근에 신의료기술로 확정되어 처방이 가능해졌기 때문에, 효과에 대한 연구가 아직은 많지 않은 실정이다. 이 연구에서는 BVP 환자들에게 맞춤형 전정재활치료를 시행하고, 운동 전후의 증상과 객관적 검사 소견을 비교하여 효과를 확인하고자 한다.

대상 및 방법

2018년 1월 1일부터 2018년 11월 30일까지 부산대학교 병원 신경과 어지럼증 클리닉을 내원한 환자 중, 맞춤형 전정재활치료를 시행한 환자를 대상으로 하였다. 총 53명의 환자가 맞춤전정재활 처방을 받고 시행하였으며, 이 중 비디오두부충동검사로 전정안반사 이득이 양쪽 모두 0.6 미만으로 진단 기준에 맞게 확진된 BVP는 10명이었다. 이 중 최소 2번 이상 맞춤형 운동처방을 받아 적절한 순응도로 수행한 사람은 총 6명이었다. 남자는 3명이었고, 나이는 중간값 71세(range, 54-75세)였다. 대상 환자의 비디오두부

충동검사의 수평반고리관 전정안반사 이득 중간값은 우측 0.40 (range, 0.23-0.59), 좌측 0.42 (range, 0.03-0.58)였다.

이들은 병원에 내원할 때 설문 평가와 검사를 통해 상태를 확인한 이후 각자의 능력에 맞는 전정재활운동법을 처방받았으며, 약 40분 가량 처방된 운동법을 교육받으면서 감시자의 감시하에 연습하였다. 이후 각자의 집에서 지속적으로 운동할 수 있게 개인에 맞는 교육자료와 순응도 확인을 위한 운동 수첩을 배포하였다. 한번 운동 시 최소 15분, 처방된 방법으로 운동하되 하루 2번 반복하도록 하였고, 운동 수첩 안의 달력에 반드시 표기해 오도록 하여 일주일에 5일 이상 수행했을 경우에 적절한 순응도로 평가하였다. 환자들에게 처방한 운동의 종류는 아래 Table 1에 기재하였으며 이 중 일부를 개인에 맞게 처방하였고, 각 운동의 속도와 시간도 환자 개인 능력에 맞게 교육하였다. 대략적 방법은 시선안정과 전정안반사 훈련을 기본으로 하며, 비교적 젊고, 기타 신체적 문제가 없었던 환자는 보행과 함께 이 훈련을 병행할 수 있도록 처방하였다. 고령 혹은 관절염으로 무릎 통증이 있거나 심리적 불안으로 보행 불안정성이 있었던 환자는 서있는 상태에서 균형을 잡는 운동을 우선으로 교육했으며, 수개월 뒤 운동에 익숙해지면, 팔 운동과 시선의 움직임을 동반하는 운동까지 추가하였다.

환자는 1개월에서 2개월에 한번 신경과 외래를 방문하여 적절한 재활운동법을 다시 맞춰서 처방받은 후 감독 교육 및 연습을 진행했으며, 순응도를 확인하여 운동이 지속적으로 유지될 수 있도록 격려했다. 6명의 환자 모두, 외래 상담을 통해 환자의 증상이 주관적으로 호전되어 더 이상 교육이 필요 없다고 생각될 때까지 처방과 운동을 지속하도록 하였다.

재활치료 전후에는 증상 확인을 위한 어지럼장애척도(dizziness handicap inventory [DHI]; under 30=mild, 30-60=moderate, 61-100=severe dizziness)와 일상생활에 미치는 영향에 대한 전정질환 일상생활 수행척도 설문도구(Korean vestibular Disorders Activities of Daily Living Scale, vADL)를 시행하였고, 심리상태 평가를 위하여 벡 우울척도(Beck's depression index [BDI]; 10-18=mild, 19-29=moderate, over 30=severe depression)를 확인하였다. 객관적 신체검사로 균형의 안정성을 보기 위한 일어서서 걷기검사(Timed Up and Go to test [TUG], abnormal ≥ 12 seconds)와 동적 전정안반사의 상태 확인을 위해 동적시력검사(test for dynamic visual acuity [DVA], abnormal=Snellen chart 기준, 머리를 흔드는

Table 1. Examples of the customized vestibular rehabilitation for patients with bilateral vestibulopathy

1. 표적 보며 좌우로 머리 회전 운동
얼굴 높이에서 팔을 쭉 뻗어 엄지손가락을 봅니다.
엄지손가락에 시선을 고정한 채 머리를 좌우로 천천히 흔듭니다.
2. 표적·머리 반대로 움직이는 운동
얼굴 높이에서 팔을 쭉 뻗어 엄지손가락을 봅니다.
엄지손가락에 시선을 고정합니다.
머리가 움직이는 방향과 반대방향으로 엄지손가락을 움직입니다.
3. 서기
다리를 붙이고, 손은 가슴 위에 올립니다.
눈 뜨고 1분 30초 이상, 눈 감고 1분 30초 이상 유지합니다.
넘어질 수 있으므로 주위 위험한 물건이 없는지 살피고 벽 옆에 붙어서 시행합니다.
4. 한 발로 서기
서있는 상태에서 한쪽 발을 살짝 듭니다.
오른발 30초 이상, 왼발 30초 이상 유지합니다.
넘어질 수 있으므로 주위 위험한 물건이 없는지 살피고 벽 옆에 붙어서 시행합니다.
5. 발 일자로 붙여가며 걷기
한쪽 발가락과 다른 한 쪽 뒷꿈치를 붙여 양 발을 일자로 만듭니다.
그 상태에서 양 발을 번갈아 가면서 걷습니다.
넘어질 수 있으므로, 주위 위험한 물건이 없는지 살피고 벽 옆에 붙어서 시행합니다.
6. 좌우로 머리 흔들면서 걷기
평범하게 걸으면서 좌우로 머리를 흔듭니다.
넘어질 수 있으므로, 주위 위험한 물건이 없는지 살피고 벽 옆에 붙어서 시행합니다.
7. 서서 대각선 손 끝 따라 보기
다리를 어깨 넓이만큼 벌린 채로 섭니다.
오른손을 대각선 오른쪽 위로 올립니다.
시선은 손을 향해 고정합니다.
그대로 시선은 손에 고정한 채 대각선 왼쪽 아래 발 방향으로 내립니다.
반대 방향으로 운동합니다.
넘어질 수 있으므로 주위 위험한 물건이 없는지 살피고 벽 옆에 붙어서 시행합니다.
8. 앉아서 대각선 손 끝 따라 보기
의자에 편안히 앉습니다.
오른손을 대각선 오른쪽 위로 올립니다.
시선은 손을 향해 고정합니다.
그대로 시선은 손에 고정한 채 대각선 왼쪽 아래 발 방향으로 내립니다.
반대 방향으로 운동합니다.

중의 시력이 세줄 이상 감소)를 시행하였다.

통계학적 검증은 SPSS ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 치료 전후의 차이를 확인하였으며, 비모수적 통계법으로 Wilcoxon ranked test를 사용하였고, 유의한 *p* 값은 0.05 미만으로 해석하였다.

결 과

71세 여자 환자가 수개월 이상 지속된 어지럼으로 외래에 내원했다. 어지럼은 가만히 앉아있거나 TV를 볼 때는 괜찮으나, 걸을 때 흔들리는 느낌이었고 걷다가 휘청거릴 정도라고 했다. 혈압약과 갑상선약을 수년 간 복용하고 있

었으며, 조절은 잘 되고 있었다. 신경학적 검사에서 팔다리의 위약이나 감각이상, 감각저하, 실조는 보이지 않았고 보행검사도 정상적으로 수행하였다. 롬버그 검사 음성이었고, 심부건반사도 정상이었다. 그러나 일자걸음은 10발짝 이상 수행하지 못했다. TUG는 12초로 확인되었다. 두부충동검사에서도 모든 반고리관 방향으로 교정성 단속운동이 보였다. 안진은 보이지 않았으며, 비디오두부충동검사에서도 이득이 떨어지면서 교정성 단속운동이 보이는 것이 확인되었다(gain of right horizontal canal=0.25, left horizontal canal=0.12, right anterior canal=0.49, left anterior canal=0.31, right posterior canal=0.19, left posterior canal=0.18). 동적시력 검사에서 실제 시력은 0.6, 머리를 양쪽으로 2 Hz 정도로

흔들면서 시행한 시력이 0.2로 확인되었다(Table 2). 설문검사 결과, DHI는 36점, BDI는 21점으로 중증도의 어지럼과 우울감을 가지고 있었다. vADL은 49점으로 특히 활동적 여가생활, 계단 내려가기, 앉았다 일어나거나 좁은 길 혹은 혼잡한 곳을 가는 데에 많은 불편을 호소하였다. 환자는 비교적 보행을 잘 수행하였기 때문에, 시선안정과 전정안반사를 강화시키는 운동과 함께 걸으면서 그 운동을 같이 하도록 교육하였다(Table 1). 고령임을 감안하여 걸으면서 머리를 흔드는 속도를 매우 천천히 하도록 교육하였고, 앉아서 운동만 할 경우에는 먼저 익숙해진 다음 좀 더 빠른 속도로 할 수 있게 교육하였다. Ginkgo leaf ext. 80 mg/day를 처방하였으며, 한달 뒤 순응도 평가를 위해 외래에 방문하도록 했다. 1개월 뒤 확인했을 때, 환자는 주관적으로 호전을 보이거나 여전히 약간 어지럽고 일상생활이 불편하다고 했다. 이 때, 환자에게 한발로 서서 균형 잡는 운동을 추가했으며, 처음에는 벽을 잡고 10초간 유지하다가 익숙해지면 시간을 늘려가도록 했고 벽을 잡지 않도록 교육했다. 첫 방문 기준으로 3개월째, 앉아서 팔을 대각선으로 왔다 갔다 하면서 시선을 움직이는 운동을 추가했다(Table 1). 첫 방문 기준 5개월에 DHI는 8점, vADL은 33점으로 호전되었다. 처방받은 운동은 거의 매일 하고 있었기 때문에 같은 운동을 서서도 지속하고, 장소도 집 이외의 공원 등에서 낙상의 위험이 없을 경우 반복하는 것을 추천했다. 첫 방문 기준 10개월째 동적시력검사, 비디오두부충동검사는 큰 변화를 보이지 않았으나 DHI는 8점, vADL 28점으로 호전되어 약물과 외래 관찰을 종결하였다.

전체 환자 중 재활운동을 했던 기간은 중간값 5.5개월 (range, 2-10개월)이었다. 맞춤형전정재활 전 DHI의 중간값은 33점이었으며(range, 22-74점), 재활치료 이후의 DHI 중간값은 11점(range, 6-68점)이었다. 대상 환자 모두 재활치료 이후 DHI 중간값이 16점 차이로(range, 6-38점) 유의하게 감소하였다(Wilcoxon ranked test, $p=0.027$). vADL의 중간값은 전정재활 전 50.5 (range, 35-104), 후 39.5 (range, 27-86)이었고 BDI 중간값은 치료 전 17.5 (range, 2-23), 치료 후 13.5 (range, 1-23)로 유의한 차이를 보이지 않았다(Wilcoxon ranked test, $p=0.344$ and $p=0.752$). 치료 전 후 DVA 중간값도 0.6, 0.65로 차이를 보이지 않았으나(Wilcoxon ranked test, $p=0.414$), TUG의 치료 전 후 중간값은 12초(range, 8-15초)에서 10초(range, 6-10초)로 유의하게 감소되었다(Wilcoxon ranked test, $p=0.026$) (Table 2, Fig. 1).

고 찰

이 연구의 BVP 환자에서 적절한 맞춤형전정운동은 주관적 어지럼을 줄이고, TUG 시간을 단축시킬 수 있었다. 이런 증상과 균형 안정성의 호전은 객관적 전정안반사기능이나 심리적 상태의 변화 없이도 확인할 수 있었다.

이전 몇 차례의 연구 결과에서, 전정재활치료는 BVP 환자들의 증상과 보행속도 등이 호전되는 결과를 보였다. 13명의 BVP 환자에서 평균 4개월간의 전정재활치료를 하고 효과를 확인한 이전 연구에서, DHI가 18점 이상 호전된 경우가 33% (4/12), TUG가 3초 이상 호전된 사람이 44%

Table 2. Evaluations in 6 patients and their median values before and after customized vestibular rehabilitation

Patient No.	Sex/age (yr)	Duration of rehabilitation (mo)	Treatment	DHI	vADL	BDI	DVA	TUG (sec)
1	M/60	9	Before	74	104	22	0.7	15
			After	68	86	9	0.7	10
2	F/76	5	Before	60	52	20	0.4	13
			After	22	59	22	0.3	10
3	M/54	6	Before	30	36	2	0.9	9
			After	10	40	1	0.9	6
4	M/71	4	Before	24	35	15	0.6	8
			After	12	39	23	0.6	6
5	F/75	2	Before	22	60	23	0.6	12
			After	10	27	15	0.8	10
6	F/71	10	Before	36	49	21	0.4	12
			After	6	28	12	0.5	10

DHI, dizziness handicap inventory; vADL, Korean vestibular disorders activities of daily living scale; BDI, Beck's depression index; DVA, dynamic visual acuity; TUG, Timed Up and Go test.

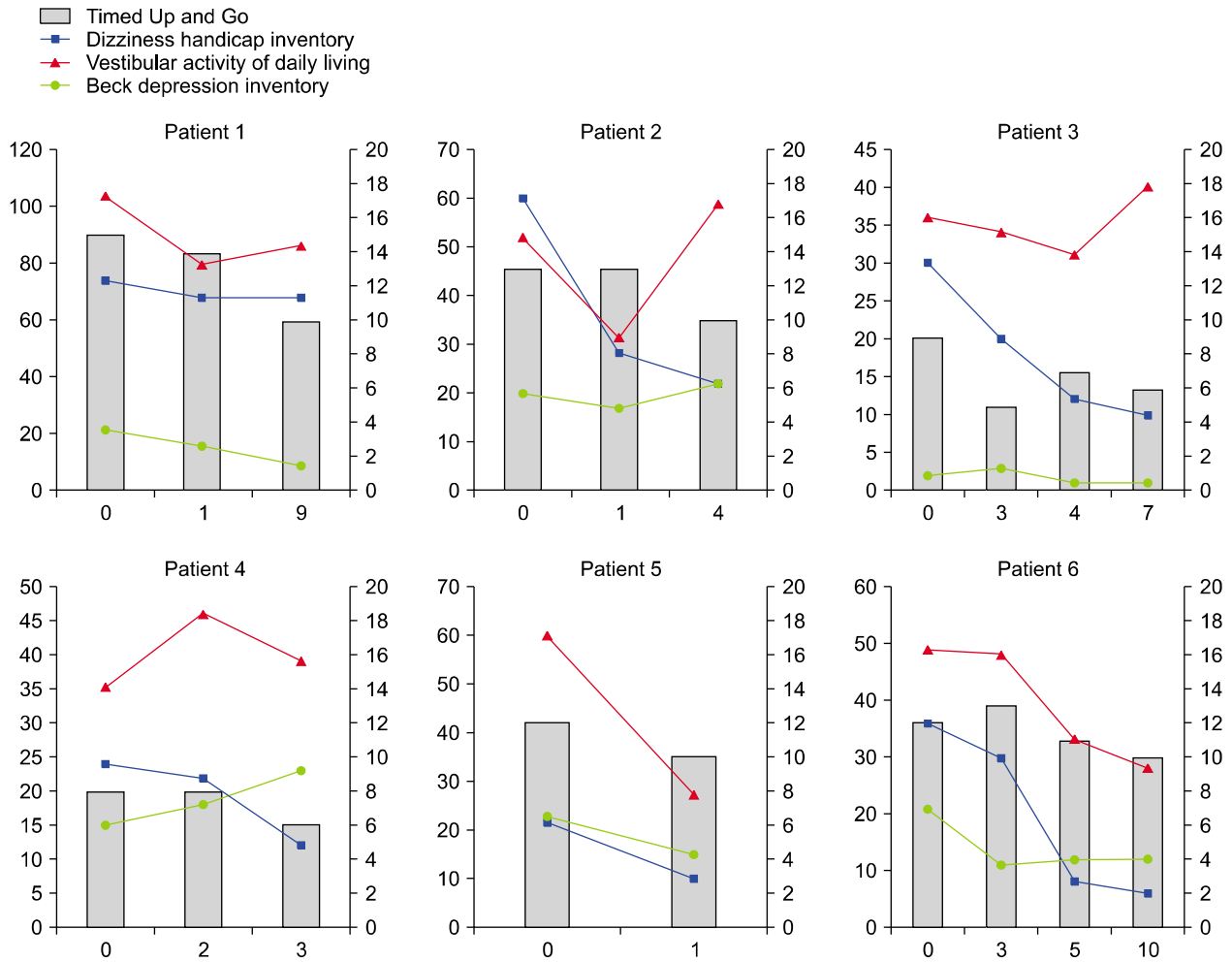


Fig. 1. Evaluations in 6 patients and their values during customized vestibular rehabilitation. Horizontal axis means months. Left vertical axis is scores from dizziness handicap inventory, Korean vestibular disorders activities of daily living scale, and Beck's depression index. Right vertical axis is the time (second) of Timed Up and Go test.

(4/9)를 보였다. Activities-specific Balance Confidence Scale 으로 일상생활에서 느끼는 개선점을 확인하였으며, 10점 이상 호전된 경우는 50% (6/12)였다[8]. 다른 한 연구에서도 53명의 BVP 환자를 무작위 배정하여 12주의 전정재활 운동을 한 군과 일반 근력운동만 한 군을 비교했을 때 보행 안정성과 속도가 유의미하게 개선되었다고 보고했다[9]. 이 두 연구 모두에서 머리를 yaw 축으로 회전시키면서 시선을 안정화하는 운동이 포함되어 있었으며, 일반적인 걷기, 서기 운동과 근력강화 운동을 함께 활용했다. 이전 연구와 마찬가지로, 이 연구에서도 주관적 어지럼 척도가 유의미하게 감소하는 것이 확인되었다.

BVP는 만성어지럼이 있어 심리적 영향이 클 수 있으므로, 이 연구에서는 우울척도를 함께 분석하였으며 치료 전

후 우울척도의 차이를 보이지 않았다. 따라서 만성 증상때문에 발생할 수 있는 우울감과 실제 어지럼의 호전과는 관계가 없다고 해석할 수 있었다. 이전 연구에서도 실제 전정 질환을 가지고 있는 환자에게 동반된 우울과 불안 등의 심리적 요인은 호전을 더디게 할 수 있으며, 이런 환자들의 심리적 요인도 전정재활치료를 했을 때 개선될 수 있다고 하였다[10].

위에서 언급했듯이, 1940년부터 공식화된 전정재활방법에 대한 전략은 현재까지 계속 발전해오고 있다. 그러나, 현재까지도 어떤 운동이 어떤 환자에게 적용되는 것이 가장 효과적인지에 대해서는 아직 확정된 바가 없다. 다만, 모든 환자에게 같은 방법의 정형화된 운동을 처방하는 것 보다는, 각 환자의 증상에 맞는 운동을 꾸준히 유지할 수

있는 강도와 시간으로 교육하고 격려하는 것이 중요하다고 최근 전문가들 사이에 공감대가 형성되고 있다[7].

전정재활운동은 적절한 강도로 꾸준히 하는 것이 중요하나, 실제 임상에서 부딪히는 가장 큰 문제는 환자의 순응도이다. 이전 한 연구에서, 65세 이상의 균형장애가 있는 환자 556명을 대상으로 개인의 신체 상태에 맞춰진 운동법을 일일이 교육해서 처방하였으나, 실제 일주일에 5일 이상 시행한 사람은 9.2%, 아예 운동을 하지 않은 사람은 36.6%에 달했다. 설문조사 결과 운동을 하지 않은 이유는 동기 부족, 운동이 너무 힘들어서, 시간이 너무 길어서 등으로 대답했다[11]. 우리 환자들은 순응도 확인을 운동수첩을 통해 확인했으며 적어도 일주일에 5회 이상 시행한 환자들만 대상으로 하였다. 적절한 순응도로 운동한 사람의 결과를 의미 있다고 판단하였기 때문에, 이 연구에 포함할 수 있는 환자 수는 6명 밖에 되지 않았다.

순응도를 최대한으로 유지하면서 개인에 맞는 운동을 수행할 수 있도록, 최근에는 다양한 시도가 이루어지고 있다. 이 중 하나로, 가상현실을 이용한 운동법에 대한 연구가 활발하다. 이는 전정운동뿐만 아니라 모든 재활운동에서 응용하고 있는 방법으로, 재활치료라는 특성상, 적절한 순응도를 유지하면서 지속적으로 이루어져야 하므로 게이미피케이션(gamification)을 접목해 최대의 효과를 내기 위한 시도이다. 최근 닌텐도 회사의 균형게임을 이용한 소규모의 BVP 대상 연구에서, 일반적인 재활과 물리치료와 비교하여 게임을 적용한 재활치료가 동등한 효과를 보인다는 결과를 발표했다[12]. 이렇게 운동 중 기구를 이용하여 최대의 효과를 낼 수 있게 하는 연구 이외에도, 환자의 전정안반사 이득에 맞춰진 전정안반사 보상 맞춤형 훈련법을 2년간 꾸준히 했을 경우 자세, 보행뿐만 아니라 전정안반사 이득이 회복되는 것을 증명하는 보고가 있었다[13].

우리나라에서도 대한평형의학회의 지속적인 노력으로 2017년 2월 맞춤전정운동이 신의료기술로 확정되었다. 학회에서는 운동 전 주관적인 설문지 조사와 객관적인 검사를 통해 운동 전 상태를 평가 후 실제 운동의 방법, 시간은 개인에 맞게 처방하여 시행하는 것을 권고하고 있으며, 학술대회 등에서 워크숍 등을 통해 임상에서 쉽게 접근할 수 있도록 교육하고 있다. 각 병원의 인력과 장소 등의 부족, 이에 따른 현실적인 수가의 조정이 아직 숙제로 남아있는 상태이다.

결 론

BVP에서 맞춤 전정재활운동은 증상 개선에 효과적일 수 있다. 그러나, 이 연구는 단일센터의 연구이며 비교적 짧은 기간 동안 소수의 환자에서 확인한 결과이므로 결과 해석에 주의해야 할 필요가 있다. 또한, 맞춤 전정재활운동과 기존의 고전적 방법의 치료법을 직접적으로 비교한 연구가 아니므로, 두 방법을 무작위배정한, 전정기능의 객관적 측정 결과가 포함되어 있는 다기관 연구가 확실한 결과 도출을 위해 필요하다. 이 연구의 결과가 차후 연구들에 도움이 될 수 있을 것이라 기대한다.

중심 단어: 양측성전정기능장애, 전정재활, 맞춤형전정재활, 어지럼척도

이해관계(CONFLICT OF INTEREST)

저자들은 이 논문과 관련하여 이해관계의 충돌이 없음을 명시합니다.

감사의 글(ACKNOWLEDGMENTS)

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2018R1D1A1B07040986).

REFERENCES

1. Strupp M, Kim JS, Murofushi T, Straumann D, Jen JC, Rosengren SM, et al. Bilateral vestibulopathy: diagnostic criteria consensus document of the Classification Committee of the Bárány Society. *J Vestib Res* 2017;27:177-89.
2. Zingler VC, Cnyrim C, Jahn K, Weintz E, Fembacher J, Frenzel C, et al. Causative factors and epidemiology of bilateral vestibulopathy in 255 patients. *Ann Neurol* 2007;61:524-32.
3. Szmulewicz DJ, Roberts L, McLean CA, MacDougall HG, Halmagyi GM, Storey E. Proposed diagnostic criteria for cerebellar ataxia with neuropathy and vestibular areflexia syndrome (CANVAS). *Neurol Clin Pract* 2016;6:61-8.
4. Hall CD, Herdman SJ, Whitney SL, Cass SP, Clendaniel RA, Fife TD, et al. Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: an evidence-based clinical practice guideline: from the American Physical Therapy Association Neurology Section. *J Neurol Phys Ther* 2016;40:124-55.
5. Cooksey FS. Rehabilitation in vestibular injuries. *Proc R Soc*

- Med 1946;39:273-8.
6. **Lacour M, Helmchen C, Vidal PP.** Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend. *J Neurol* 2016;263 Suppl 1: S54-64.
 7. **Lacour M, Bernard-Demanze L.** Interaction between vestibular compensation mechanisms and vestibular rehabilitation therapy: 10 recommendations for optimal functional recovery. *Front Neurol* 2015;5:285.
 8. **Brown KE, Whitney SL, Wrisley DM, Furman JM.** Physical therapy outcomes for persons with bilateral vestibular loss. *Laryngoscope* 2001;111:1812-7.
 9. **Krebs DE, Gill-Body KM, Parker SW, Ramirez JV, Wernick-Robinson M.** Vestibular rehabilitation: useful but not universally so. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;128:240-50.
 10. **MacDowell SG, Wellons R, Bissell A, Knecht L, Naquin C, Karpinski A.** The impact of symptoms of anxiety and depression on subjective and objective outcome measures in individuals with vestibular disorders. *J Vestib Res* 2018;27:295-303.
 11. **Forkan R, Pumper B, Smyth N, Wirkkala H, Ciol MA, Shumway-Cook A.** Exercise adherence following physical therapy intervention in older adults with impaired balance. *Phys Ther* 2006;86:401-10.
 12. **Jahn K, Saul AK, Elstner M, Sapa K, Kellerer S.** Vestibular rehabilitation therapy and Nintendo Wii balance board training both improve postural control in bilateral vestibulopathy. *J Neurol* 2018;265:70-3.
 13. **Gimmon Y, Migliaccio AA, Kim KJ, Schubert MC.** VOR adaptation training and retention in a patient with profound bilateral vestibular hypofunction. *Laryngoscope* 2019.