KJAB

Korean Journal of Applied Biomechanics 2025; 35(3): 175-183
http://dx.doi.org/10.5103/KJAB.2025.35.3.175
http://e-kjab.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Capability of Visual Perception Affecting Putting Alignment

시지각 능력이 퍼팅 얼라인먼트에 미치는 영향

Jae-Hu Jung, Woen-Sik Chae

Department of Physical Education, Kyungpook National University, Daegu, South Korea

Received : 09 July 2025
Revised : 25 July 2025
Accepted : 25 July 2025

Objective: The purpose of this research was to analyze the effect of providing an aiming line according to visual perception capabilities on putting alignment during golf putting address position.

Method: In the current study, healthy 70 males were recruited with no golf experience and musculoskeletal disorders. To assess visual perception capabilities, vernier acuity, and pseudoneglect test was performed. Based on the tests, total 44 participants were distinguished into four groups: (1) vernier acuity high + pseudoneglect high (VHPH, n = 11), (2) vernier acuity high + pseudoneglect low (VHPL, n = 11), (3) vernier acuity low + pseudoneglect high (VLPH, n = 11), and (4) vernier acuity low + pseudoneglect low (VLPL, n = 11). In this study, four different aiming lines were provided: (1) without an aiming line (WO), (2) with one aiming line (W1), (3) with three aiming lines (W3), and (4) with a vertical aiming line (WV) during the putting address task. Participants performed 3 trials of putting address task for each different aiming line condition. Kinematic data were used to analyze the alignment angles between the target line and the putter face, and the alignment angles between the target line and the stances. We used IBM SPSS program to conduct statistical analyses. Two-way mixed ANOVA (4 × 4, Group × Condition) was performed to examine the difference between the four groups and the four aiming line conditions based on visual perception capabilities. Bonferroni's pair-wise comparisons were conducted for the post hoc analysis on interaction effect and all statistical significance levels were set as .05.

Results: The study results showed that VHPH group had significantly reduced alignment angles as compared with VLPH and VLPL groups, and VHPL group had significantly reduced alignment angles in comparison to VLPL group for both WO and W1 conditions. For the W3 condition, the VHPH group had significantly reduced alignment angles as compared with VLPL group. Additionally, W1 condition showed lower alignment angles than WV condition within VHPH group.

Conclusion: In conclusion, individuals with high visual perception capabilities had superior alignment performance regardless of the aiming line conditions. For those with low visual perception capabilities, providing aiming lines enhanced putting alignment performance. Taken together, our findings provide quantitative data on the effectiveness of visual aids in improving putting alignment and in developing visual aids based on visual perception capabilities.

Keywords: Visual perception, Vernier acuity, Pseudoneglect, Alignment, Putting

Corresponding Author
Woen-Sik Chae
Department of Physical Education, Kyungpook National University, 80 Daehak-ro, Buk-gu, Daegu, 41566, South Korea
Email : wschae@knu.ac.kr

Copyright © 2025 Korean Journal of Applied Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

골프 퍼팅은 전체 스트로크의 약 43%를 차지하며(Beslow & Evans, 2011; Pelz & Frank, 2000), 골프 경기력을 결정하는 가장 중요한 기술 동작이다(Alexander & Kern, 2005; Wiren, 1992). 퍼팅의 성공적인 수행을 위해서는 숙련되고 일관된 동작이 요구되며, 이를 위해 신체 분절을 적절히 통제하는 것과 더불어 다양한 지각(perception) 능력을 필요로 한다(van Lier, van der Kamp & Savelsbergh, 2011). 특히 시지각(visual perception)은 신체 움직임 및 동작 수행에 있어서 필수적인 감각 정보이다. 이러한 시지각 능력은 주변 환경 상황과의 원활한 상호작용을 위한 주요 요인으로 작용할 뿐만 아니라, 스포츠 상황의 경기 수행력 측면에서도 매우 중요한 역할을 담당한다(Williams, Janelle & Davids, 2004).

시지각 능력 중 배열시력(vernier acuity)은 둘 이상의 점 혹은 선들이 나란히 배열되어 있는지 여부를 판별하는 능력으로써, 골프에서의 퍼팅 스트로크 수행 시 타깃-골프볼-퍼터 헤드로 이어지는 퍼팅 얼라인먼트에 큰 영향을 미치는 시각적 요소이다. Farnsworth (1997)와 Mangum (2008)은 퍼팅의 정확성 및 일관성을 향상시키기 위해서는 골프볼과 퍼터 헤드의 얼라인먼트 시 발생되는 오차를 최소화할 수 있는 시각적 능력이 필수적이라고 하였으며, Karlsen, Smithd와 Nilsson (2008)은 퍼팅 시 골프볼과 퍼터 헤드의 정렬은 골프볼의 진행 방향을 결정하는 주요 요소라고 하였다. Lee와 Lee (2019)는 퍼팅 시 퍼터 헤드가 정렬되지 않았을 경우 골프볼의 진행 방향은 퍼터 헤드가 틀어진 각도와 유사하거나 혹은 그 이상으로 벗어나게 된다고 보고하였다. 또한 Park (2001)은 3 m 거리에서 어드레스 시 퍼터 헤드의 정렬 오차 방향은 임팩트 시에도 동일한 방향으로 작용된다고 보고하였다.

퍼팅 얼라인먼트와 관련된 연구들에서 시지각 능력의 중요성이 강조됨에 따라 골프 퍼팅과 시지각 능력 사이의 인과관계에 대해 많은 연구(Johnston, Benton & Nishida, 2003; Roberts & Turnbull, 2010; van Lier et al., 2011)가 이루어졌으며, 이러한 연구에서는 퍼팅 수행 과정에서 나타날 수 있는 착시 현상에도 주의를 기울여야 한다고 보고하였다. Johnston 등 (2003)은 퍼팅 스트로크를 위한 어드레스 시 오른손 골퍼의 경우 목표 방향이 골퍼의 좌측에 위치하고 있어 퍼팅 얼라인먼트 과정에서 목표 방향에 대한 착시가 발생할 수 있다고 보고하였다. van Lier 등 (2011)은 초보 골퍼의 경우에는 시선이 타깃 라인의 좌측에 위치함에 따라 착시 현상이 나타나게 되는데, 이는 퍼팅 어드레스 동작 시 시선이 타깃 라인의 수직선상에 위치하는 것이 아니라 타깃 라인과 양발 사이에 위치하기 때문이라고 보고하였다. 한편 Roberts와 Turnbull (2010)은 프로 골퍼의 경우에도 퍼팅 얼라인먼트 시 좌측을 조준하는 착시 현상이 나타나게 되는데, 이는 가성무시(pseudoneglect) 현상에서 기인한다고 보고하였다. 가성무시는 신경학적으로 뇌병변이 없는 건강한 정상인들에게서 나타나는 선을 잘못 이등분하는 오류를 의미하며, 주관적인 중심점이 왼쪽으로 치우치는 경향을 보인다고 하였다(Bowers & Heilman, 1980; McCourt, Garlinghouse, & Reuter-Lorenz, 2005).

골프 퍼팅에서의 착시 오류를 줄이기 위한 방법으로 van Lier 등 (2011)의 연구에서는 퍼팅 어드레스 시 머리는 지면과 수평을 유지하면서 시선은 골프볼의 수직선상에 위치시키는 것이 효과적이라고 제안하였다. 또한 Farnsworth (1997)는 퍼팅 어드레스에서의 목표 방향에 대한 착시 오류를 최소화하기 위해 골프볼의 로고 또는 에이밍 라인을 시각적 보조 도구로 적극 활용할 필요가 있다고 보고하였다. Stenner와 Buckley (2014)의 연구에서는 퍼팅 시 골프볼에 표시된 에이밍 라인을 활용할 경우 퍼팅 성공률이 향상된다고 보고하였다. 골프볼 및 퍼터 헤드에 에이밍 라인을 적용하여 퍼팅 얼라인먼트에 미치는 영향을 분석한 Kim, Jin, Koo, Jang과 Mah (2020)의 연구에서는 에이밍 라인이 3개인 퍼터가 에이밍 라인이 1개인 퍼터에 비해 퍼팅 어드레스의 정확성이 높아진다고 보고하였다. 이와 같이 선행연구들의 결과를 살펴볼 때, 골프볼 및 퍼터 헤드에 적용한 에이밍 라인은 골퍼의 시지각 능력을 향상시켜 퍼팅 얼라인먼트에 도움을 제공하는 것으로 판단된다.

에이밍 라인과 같은 시각적 보조 도구 적용에 따른 퍼팅 얼라인먼트의 긍정적 효과를 보고한 다수의 선행연구와 상반되는 결과를 제시한 연구들이 있다. 퍼팅 시 골프볼의 에이밍 라인 적용 유무에 따른 퍼팅 얼라인먼트 효과를 분석한 Shim, Miller와 Lutz (2012)의 연구에서는 골프볼에 적용한 에이밍 라인이 퍼팅의 방향성, 정확성, 일관성 측면에서 효과가 없다고 보고하였다. 이와 더불어 기술 수준이 우수한 프로 골퍼들의 경우에는 골프볼 에이밍 라인 활용이 퍼팅 수행력 저하의 원인이 될 수 있다고 하였다. 이는 퍼팅 시 비교적 짧은 길이의 에이밍 라인을 기준으로 골프볼이 목표 방향과 일직선이 되도록 정렬해야 하는데, 이러한 과정 중 골프볼의 정렬이 조금만 어긋나도 곡면에 표시된 에이밍 라인이 휘어져 보이거나 삐뚤어진 것으로 인식될 수 있기 때문에 퍼팅 얼라인먼트의 정확성 및 일관성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 골프볼의 에이밍 라인을 활용하는 프로 골퍼들 중 몇몇은 에이밍 라인을 목표 방향 설정의 기준으로 참고만 할 뿐 완전히 신뢰하지는 않는다고 하였다. 또 다른 프로 골퍼들은 에이밍 라인을 퍼팅 연습 과정에서만 활용하거나, 실제 퍼팅 얼라인먼트 과정에서 에이밍 라인과 타깃 라인이 일치하지 않는다고 느껴질 경우 퍼팅 시 시각적 보조 도구에 의존하지 않는 경향을 보인다고 하였다(Shim et al., 2012).

이와 같이 퍼팅 얼라인먼트 개선을 위해 시각적 보조 도구를 적용한 다양한 연구들이 이루어져 왔지만, 시각적 보조 도구 사용에 따른 효과에 대해 서로 상반된 결과를 제시하고 있다. 이러한 결과는 퍼팅 수행 능력에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 예상되는 시지각 능력인 배열시력 및 가성무시에 대한 개인차를 고려하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 또한 현재까지 퍼팅 얼라인먼트에 대한 시각적 보조 도구의 효용성 검증에 있어서 연구대상자의 배열시력 수준이나 가성무시 여부를 고려한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 골프 퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력에 따른 에이밍 라인 적용이 퍼팅 얼라인먼트에 미치는 영향을 분석하는데 있다. 본 연구의 결과 도출을 위해 배열시력 및 가성무시 검사 결과를 기준으로 시지각 능력에 따른 집단을 분류하였으며, 퍼팅 어드레스 동작 시 골프볼 에이밍 라인 적용 조건에 따른 운동학적 분석을 실시하였다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구에서는 인체 근골격계에 이상이 없고 골프 참여 경력이 전무한 20대 성인 남성 70명을 대상으로 배열시력(vernier acuity) 검사와 가성무시(pseudoneglect) 검사를 실시하였으며, 검사 결과를 기준으로 44명의 피험자(연령 21.7±1.5세, 신장 173.6±8.0 cm, 체중 72.2±11.4 kg)를 선정하였다. 이후 선정된 피험자들의 시지각 능력에 따라 배열시력 상위 + 가성무시 상위 집단(vernier acuity high + pseudoneglect high, VHPH) 11명, 배열시력 상위 + 가성무시 하위 집단(vernier acuity high + pseudoneglect low, VHPL) 11명, 배열시력 하위 + 가성무시 상위 집단(vernier acuity low + pseudoneglect high, VLPH) 11명, 배열시력 하위 + 가성무시 하위 집단(vernier acuity low + pseudoneglect low, VLPL) 11명의 4개 집단으로 분류하였다.

2. 실험장비

1) 배열시력 검사

본 연구에서는 배열시력 수준에 따른 집단 분류를 위해 Kim, Lim과 Kim (2020)과 Sung (1997)의 연구에서 제시한 셔터글라스(shutter glass) 방식의 배열시력 측정 방법을 활용하였다. 배열시력 검사에서는 기준 시표를 포함하는 이미지, 이미지를 보여주기 위한 27인치 모니터(1,920 × 1,080 pixel, T27A750, Samsung, Korea), 피험자와 모니터의 거리 유지를 위한 고정대, 액정 차폐 방식의 3D 안경(3D Active Shutter Glasses, SSG-M3050GB, Samsung, Korea)으로 구성된 셔터글라스 방식의 배열시력 측정기기를 사용하였다.

피험자는 셔터글라스 방식의 3D 안경을 착용하고 편안한 자세로 모니터 앞에 앉아 고정대에 머리를 고정하였으며, 피험자의 눈과 모니터 사이의 거리를 30 cm로 유지하였다. 배열시력 측정을 위한 기준 시표는 2가지 이미지로 구성되어 하나의 모니터에 투사되며, 2개의 이미지는 3D 안경을 통해 융합되어 하나의 이미지로 보이게 하였다. 기준 시표의 이미지는 5개의 점 또는 선으로 구성되며, 이 중 4개는 수평 일렬로 배치되고 나머지 1개는 1-6 pixel 범위 내에서 수직 방향으로 수평 일렬에서 벗어나도록 배치하였다.

배열시력 측정 시 대상 안(reference eye)은 우안으로 통일하였으며, 한 피험자당 6번의 측정을 실시하였다. (1)번 측정은 대상 안에 빈 이미지가 제시되고 반대 안(contralateral eye)에 5개의 점이 제시되는 경우, (2)번 측정은 대상 안에 5개의 점이 제시되고 반대 안에 빈 이미지가 제시되는 경우, (3)번 측정은 대상 안에 빈 이미지가 제시되고 반대 안에 5개의 선이 제시되는 경우, (4)번 측정은 대상 안에 5개의 선이 제시되고 반대 안에 빈 이미지가 제시되는 경우, (5)번 측정은 대상 안에 빈 이미지가 제시되고 반대 안에 3줄로 구성된 5개의 선이 제시되는 경우, (6)번 측정은 대상 안에 3줄로 구성된

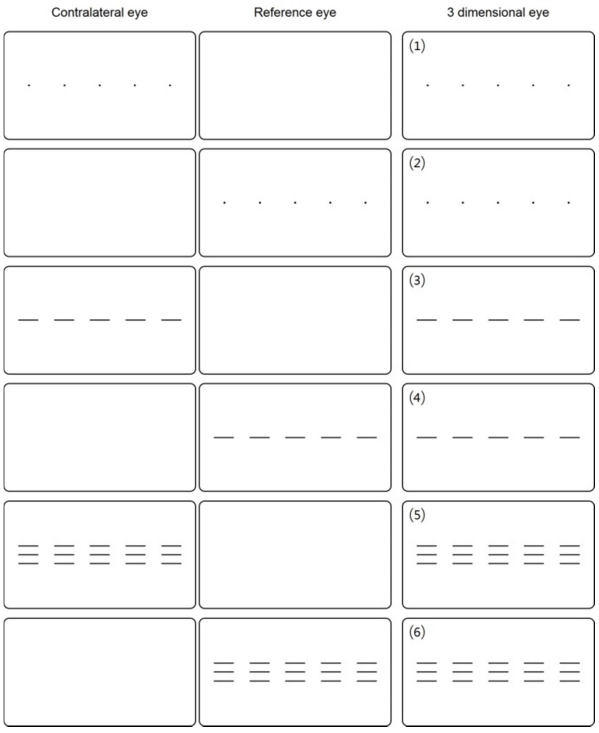

Figure 1. Method for measuring vernier acuity

5개의 선이 제시되고 반대 안에 빈 이미지가 제시되는 경우로 구분하였다(Figure 1).

본 검사에서는 피험자에게 5개의 점 또는 선 중에서 4개와 다른 위치에 있는 1개의 점 또는 선을 선택하도록 하였으며, 피험자가 선택한 시표 중 가장 미세하게 벗어난 시표를 배열시력의 수치로 정의하였다. 본 검사에서 사용된 27인치 모니터 화면의 크기는 가로 598 mm, 세로 336 mm, 해상도는 1,920 × 1,080 pixel, 피험자의 눈과 모니터 사이의 거리는 300 mm이며, 1 pixel의 크기는 약 311 μm이기 때문에 1 pixel에 해당하는 시각은 약 214 arcsec(약 0.059°)이다. 따라서 본 검사에서 수직 방향으로 1 pixel이 벗어난 점 또는 선을 인지하는 시각은 214 arcsec라고 할 수 있으며, 기준 시표의 점 또는 선이 수직 방향으로 수평 일렬에서 벗어난 정도는 1-6 pixel의 범위이기 때문에 시각 214-1,284 arcsec(약 0.059-0.356°)를 인지하는 것에 해당된다. 이러한 배열시력 검사의 수치를 기준으로 시각 428 arcsec(2 pixel, 약 0.119°) 이하를 상위 집단, 시각 1,070 arcsec(5 pixel, 약 0.297°) 이상을 하위 집단으로 분류하였다.

2) 가성무시 검사

본 연구에서는 가성무시 측정를 위해 선 이등분 검사(line bisection test)와 선 사등분 검사(line quadrisection test)를 지필검사 형태로 실시하였다. 선 이등분 검사(Bowers & Heilman, 1980)와 선 사등분 검사(Son et al., 2001)에서는 각각 A4 용지(297 mm × 210 mm)의 가로 정중앙에 길이 237 mm, 두께 2 mm의 검정색 선을 제시하였으며, 선의 객관적인 중심점과 피험자 얼굴의 정중선이 일치하도록 위치시킨 후 펜을 사용하여 이등분점(선의 50% 지점)과 좌측 및 우측 사등분점(선의 25% 또는 75% 지점)을 표시하도록 하였다.

선 이등분 검사와 선 사등분 검사는 무선할당 방식을 통해 각각 6회 반복하여 실시하였으며, 검정색 선의 실제 이등분점과 좌측 및 우측 사등분점을 기준으로 피험자가 표시한 위치가 벗어난 정도를 mm 단위로 측정하여 평균값을 산출하였다. 이때 좌측 치우침은 음수, 우측 치우침은 양수로 표기하였으며, 가성무시 검사의 평균값을 기준으로 -1 mm 이상을 상위 집단, -1 mm 미만을 하위 집단으로 분류하였다.

3) 골프볼 에이밍 라인

본 연구에서는 타이틀리스트 PRO V1 골프볼(Titleist, Acushnet Company, USA)을 사용하였으며, 골프볼 에이밍 라인에 따른 퍼팅 얼라인먼트 효과를 분석하기 위해 <Figure 2>와 같이 에이밍 라인 미적용(without an aiming line, WO), 에이밍 라인 1개 적용(with one aiming line, W1), 에이밍 라인 3개 적용(with three aiming lines, W3), 에이밍 라인 수직 형태 적용(with a vertical aiming line, WV)의 4가지 조건을 설정하였다.

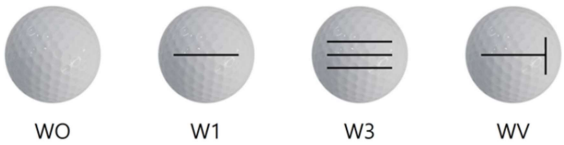

Figure 2. Golf ball with aiming line condition

4) 운동학적 분석

본 연구에서는 퍼팅 어드레스 동작에 대한 운동학적 분석을 위해 6대의 적외선 카메라(100 Hz, Motion Master 100, Visol Inc., Korea)를 사용하였으며, 3차원 좌표 산출을 위한 기준점(control point)과 동조용 발광다이오드가 촬영 범위 내에 들어오도록 설치하였다. 퍼팅 얼라인먼트 분석을 위한 3차원 좌표화를 위해 직경 0.8 mm의 반사마커를 홀, 타깃 라인을 지나는 지점, 골프볼, 퍼터 헤드의 Toe와 Heel, 좌측 발의 Toe, 우측 발의 Toe에 부착하였다.

5) 퍼팅 매트

본 연구에서는 퍼팅 어드레스 동작 수행을 위해 지름 6 m의 원형 퍼팅 매트를 사용하였으며, 수평계를 이용하여 지면의 상태를 가능한 수평으로 유지하도록 하였다. 본 연구에서는 Pelz (2000)의 연구 결과를 근거로 퍼팅 성공률이 급격히 감소되는 5 m의 거리를 퍼팅을 위한 실험 조건으로 설정하였다.

6) 퍼터

본 연구에서는 퍼팅 어드레스 동작 수행을 위해 블레이드 형태의 스카티카메론 Newport 2 퍼터(Titleist, Acushnet Company, USA)를 사용하였다. 또한 모든 피험자의 그립 방법은 리버스 오버래핑 그립(reverse overlapping grip)으로 통일하였다.

3. 실험절차

본 연구에서는 피험자 선정 및 집단 분류를 위해 20대 성인 남성을 대상으로 배열시력 검사와 가성무시 검사를 실시하였다. 검사 결과를 기준으로 44명의 피험자를 선정하였으며, 선정된 피험자들의 시지각 능력에 따라 4개 집단(VHPH,

VHPL, VLPH, VLPL)으로 분류하였다. 또한 골프볼 에이밍 라인이 퍼팅 얼라인먼트에 미치는 영향을 분석하기 위해 에이밍 라인 적용 형태에 따라 4가지 조건(WO, W1, W3, WV)을 설정하였다.

본 실험에 앞서 운동학적 분석을 위해 홀, 타깃 라인을 지나는 지점, 골프볼, 퍼터 헤드의 Toe와 Heel, 좌측 발의 Toe, 우측 발의 Toe에 반사마커를 부착하였다. 이후 피험자들은 블레이드 형태의 퍼터를 사용하여 그립 방법과 퍼팅 동작에 대해 5분간 연습을 실시하였다. 본 실험에서는 골프볼 에이밍 라인 적용 형태에 따른 4가지 조건에 대해 무작위 순으로 3회의 퍼팅 어드레스 동작을 수행하였으며, 이때 운동학적 분석을 실시하여 각각의 측정 자료를 수집하였다.

4. 자료분석

퍼팅 어드레스 동작에 대한 운동학적 분석은 Kwon3D 3.1 program (Visol Inc., Korea)을 사용하여 분석하였으며, 직접 선형 변환방법(direct linear transformation, Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 통해 3차원 좌표값을 산출하였다. 영상 좌표화 과정에서 발생되는 노이즈를 최소화하기 위해 2차 Butterworth low-pass digital filter를 사용하여 필터링 하였으며, 이때 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

본 연구에서는 운동학적 분석을 통해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F), 타깃 라인과 양발 스탠스의 정렬 각도(θ_S)를 산출하였다. θ_F는 타깃 라인과 퍼터 페이스가 수직 정렬되었을 때를 0°로 설정한 후 0°를 기준으로 퍼터 페이스가 수직 정렬에서 벗어난 각도의 절대값으로 정의하였다. 또한 θ_S는 타깃 라인과 양발 스탠스가 수평 정렬되었을 때를 0°로 설정한 후 0°를 기준으로 양발 스탠스가 수평 정렬에서 벗어난 각도의 절대값으로 정의하였다.

5. 통계처리

본 연구에서는 퍼팅 동작 시 시지각 능력에 따른 골프볼 에이밍 라인 적용이 퍼팅 얼라인먼트에 미치는 영향을 규명하기 위해 IBM SPSS Statistics for windows (Statistical Package for the Social Science software, versions 27.0, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다. 시지각 능력에 따른 4개 집단과 골프볼 에이밍 라인 적용에 따른 4가지 조건에 대한 상호작용 효과를 확인하기 위해 4(집단) × 4(조건) 반복측정 분산분석(ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 상호작용 효과가 통계적으로 유의할 경우, 집단 간 주효과(simple main effect)를 알아보기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 조건 간 주효과를 알아보기 위해 반복측정 일원분산분석(one-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 이때 모든 통계 분석의 유의 수준은 .05로 설정하였다.

RESULTS

1. 운동학적 분석

퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인 적용에 따른 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)에 대한 평균 및 표준오차는 <Table 1>과 같다. 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인에 따른 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)에 대한 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과는 <Table 2>와 같다.

Table 1. Mean and standard error of alignment angles between the target line and the putter face (deg)

	WO	W1	W3	WV
VHPH	1.7±0.8	0.9±0.5	1.5±0.9	2.1±1.0
VHPL	1.8±0.7	1.5±0.5	1.8±0.9	2.3±1.2
VLPH	2.8±0.8	2.0±0.6	2.6±1.2	3.1±1.0
VLPL	3.9±1.4	2.5±0.9	2.9±1.0	3.0±1.3

Table 2. Results of repeated measures analysis of variance for alignment angles between the target line and the putter face

Source	SS	DF	MS	*F*	*p*
Aiming line	21.172	3	7.057	7.511	.000[b]
Aiming line × visual perception	8.400	9	.933	.993	.449
Error	112.753	120	.940		
Visual perception	66.449	3	22.150	31.990	.000[†]
Error	27.696	40	.692		

Note. [b]significant difference in aiming line type at $p<.05$, [†]significant difference in visual perception ability at $p<.05$

Table 3. Post hoc analysis results of alignment angles between the target line and the putter face across groups (deg)

		WO	W1	W3	WV
VHPH		1.7±0.8[#§]	0.9±0.5[#§]	1.5±0.9[§]	2.1±1.0
VHPL		1.8±0.7[ϕ]	1.5±0.5[ϕ]	1.8±0.9	2.3±1.2
VLPH		2.8±0.8[#]	2.0±0.6[#]	2.6±1.2	3.1±1.0
VLPL		3.9±1.4[§ϕ]	2.5±0.9[§ϕ]	2.9±1.0[§]	3.0±1.3
Post-hoc	*F*	13.308	13.272	4.608	2.496
	p	.000	.000	.007	.074

Note. [#]significant difference between VHPH and VLPH at $p<.05$
[§]significant difference between VHPH and VLPL at $p<.05$
[ϕ]significant difference between VHPL and VLPL at $p<.05$

Table 4. Post hoc analysis results of alignment angles between the target line and the putter face across conditions (deg)

	WO	W1	W3	WV	Post-hoc	
					F	*P*
VHPH	1.7±0.8	0.9±0.5[ǂ]	1.5±0.9	2.1±1.0[ǂ]	3.632	.024
VHPL	1.8±0.7	1.5±0.5	1.8±0.9	2.3±1.2	1.514	.231
VLPH	2.8±0.8	2.0±0.6	2.6±1.2	3.1±1.0	2.662	.066
VLPL	3.9±1.4	2.5±0.9	2.9±1.0	3.0±1.3	2.752	.060

Note. [ǂ]significant difference between W1 and WV at $p<.05$

본 연구에서 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다(F=.993, p=.449). 각 변인별 주효과를 살펴보면, 시지각 능력에 대한 주효과는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(F=31.990, p=.000), 골프볼 에이밍 라인에 대한 주효과 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(F=7.511, p=.000).

시지각 능력 집단 간 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F) 차이를 알아보기 위해 사후분석을 실시한 결과(Table 3), WO 적용 조건에서 VHPH 집단이 VLPH 집단과 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였으며(p=.039, p=.000), VHPL 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다(p=.000).

W1 적용 조건에서도 VHPH 집단이 VLPH 집단과 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였으며(p=.001, p=.000), VHPL 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다(p=.002). 또한 W3 적용 조건에서 VHPH 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다(p=.016).

에이밍 라인 적용 조건 간 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F) 차이를 알아보기 위해 사후분석을 실시한 결과(Table 4), VHPH 집단에서 W1 적용 조건이 WV 적용 조건에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다(p=.030).

퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인 적용에 따른 타깃 라인과 양발 스탠스의 정렬 각도(θ_S)에 대한 평균 및 표준오차는 <Table 5>와 같다. 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인에 따른 타깃 라인과 양발 스탠스의 정렬 각도(θ_S)에 대한 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과는 <Table 6>과 같다.

본 연구에서 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다(F=.232, p=.989). 각 변인별 주효과를 살펴보면, 시지각 능력에 대한 주효과는 통계적인 유의차가 나타나지 않았으며(F=2.229, p=.100), 골프볼 에이밍 라인에 대한 주효과 또한 통계적인 유의차가 나타나지 않았다(F=5.378, p=.102).

Table 5. Mean and standard error of alignment angles between the target line and the stance (deg)

	WO	W1	W3	WV
VHPH	8.0±4.3	7.0±3.0	8.7±4.3	9.0±4.9
VHPL	8.7±4.4	7.7±3.4	9.9±4.1	10.3±4.8
VLPH	9.2±4.4	8.2±3.9	10.6±4.4	12.0±5.0
VLPL	11.9±5.0	8.7±4.8	12.1±4.1	12.6±5.4

Table 6. Results of repeated measures analysis of variance for alignment angles between the target line and the stance

Source	SS	DF	MS	*F*	*p*
Aiming line	236.995	3	78.998	5.378	.102
Aiming line × visual perception	30.627	9	3.403	.232	.989
Error	1762.764	120	14.690		
Visual perception	231.865	3	77.288	2.229	.100
Error	1387.056	40	34.676		

DISCUSSION

퍼터 페이스의 정렬 각도는 퍼팅 스트로크의 구성 요소 중 퍼팅 결과에 큰 영향을 미치며, 어드레스에서부터 팔로우스로에 이르기까지 그 중요성이 강조되고 있다. Dewhurst (2015)는 성공적인 퍼팅은 퍼터 페이스의 각도, 퍼터 헤드의 이동 경로와 속도에 의해 결정된다고 언급하였으며, 이 중 퍼터 페이스의 각도가 골프볼의 진행 방향에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였다.

본 연구에서 퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력 집단 간 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)를 분석한 결과, WO 적용과 W1 적용의 두 조건 모두에서 VHPH 집단이 VLPH 집단과 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였으며, VHPL 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다. 또한 W3 적용 조건에서 VHPH 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다.

본 연구의 결과는 퍼팅 어드레스 동작 시 골프볼 에이밍 라인 적용 조건과 상관없이 시지각 능력이 가장 우수한 VHPH 집단에서 타깃 라인을 기준으로 퍼터 페이스의 수직 정렬이 정확하게 이루어진 것을 의미한다. Karlsen 등 (2008)은 배열 시력을 비롯한 시지각 능력은 골프에서의 퍼팅 스트로크 수행 시 타깃-골프볼-퍼터 헤드로 이어지는 퍼팅 얼라인먼트에 큰 영향을 미치는 요소라고 하였으며, Farnsworth (1997)와 Mangum (2008)은 퍼팅의 정확성 및 일관성을 향상시키기 위해서는 골프볼과 퍼터 헤드의 얼라인먼트 시 발생되는 오차를 최소화할 수 있는 시지각 능력이 필수적이라고 보고하였다. 이러한 선행연구의 결과와 같이 본 연구에서도 시지각 능력의 수준이 높을수록 퍼팅 얼라인먼트에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

퍼팅 동작 수행 시 퍼터 헤드의 정렬과 관련된 연구를 살펴보면, Har와 Cho (2015)는 퍼터 헤드의 정렬 오차가 발생할 경우 퍼팅 스트로크 시 골프볼의 진행 방향에 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 Park (2001)은 3 m 거리에서 퍼터 헤드의 정렬 오차 방향은 어드레스 및 임팩트 시에도 동일한 방향으로 적용된다고 보고하였다. 퍼팅 스트로크 동작 시 퍼터 헤드의 얼라인먼트와 관련된 선행연구들에서 제시된 바와 같이 퍼터 헤드의 정렬은 퍼팅 정확성 및 일관성의 측면에서 매우 중요한 요소이다.

본 연구에서 퍼팅 어드레스 동작 시 골프볼 에이밍 라인 적용 조건 간 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)를 분석한 결과, VHPH 집단에서 W1 적용 조건이 WV 적용 조건에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도(θ_F)가 통계적으로 유의하게 감소하였다. 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도 감소는 타깃 라인을 기준으로 퍼터 페이스를 수직에 가깝게 정렬시킨 것을 의미한다. 일반적으로 퍼팅 어드레스 동작 시 퍼터 헤드를 정렬하는 방법은 타깃 라인 또는 골프볼에 적용된 에이밍 라인을 기준으로 퍼터 페이스를 수직 정렬시키거나 퍼터 헤드의 윗면에 표시된 얼라인먼트 라인을 수

평 정렬시키는 것이다. 이에 대해 Farnsworth (2009)는 시각적으로 퍼터 페이스를 타깃 라인에 수직으로 정렬하는 것이 퍼터 헤드 윗면에 표시된 얼라인먼트 라인을 타깃 라인에 수평으로 정렬하는 것보다 더 정확하다고 보고하였다.

Farnsworth (2009)의 연구 결과를 본 연구의 결과에 비추어 볼 때, W1 적용 조건이 WV 적용 조건에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도가 감소한 이유는 W1 적용 조건과 같이 에이밍 라인이 1개만 적용된 경우에는 타깃 방향으로 놓여진 1개의 에이밍 라인을 기준으로 퍼터 페이스를 수직 정렬시켜 정렬 오차를 줄이기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 결과를 통해 타깃 라인 또는 골프볼 에이밍 라인에 퍼터 페이스를 수직으로 정렬하는 것이 퍼팅 얼라인먼트의 정확성을 향상시키는데 효과적인 것으로 나타났다. 이와 더불어 블레이드 형태의 퍼터를 사용하여 에이밍 라인 적용 유무에 따른 퍼팅 얼라인먼트 효과를 분석한 Shim 등 (2012)의 연구에서도 퍼터 헤드 윗면에 적용된 에이밍 라인은 퍼팅의 방향성, 정확성, 일관성 측면에서 효과가 없다고 보고한 것으로 보아, 본 연구의 결과와 같이 타깃 라인을 기준으로 퍼터 페이스를 수직 정렬하는 것이 정렬 오차를 줄이는데 더 효율적인 방법인 것으로 판단된다.

본 연구에서 퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력과 골프볼 에이밍 라인 적용에 따른 타깃 라인과 양발 스탠스의 정렬 각도(θ_S)를 분석한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, VHPH 집단은 다른 3개 집단에 비해 모든 에이밍 라인 적용 조건에서 타깃 라인에 대한 양발 스탠스의 정렬 오차가 가장 적은 것으로 나타났다. 또한 모든 집단에서 W1 적용 조건이 다른 조건들에 비해 타깃 라인에서 벗어난 정도가 감소한 것으로 보아 W1 적용이 타깃 라인과 양발 스탠스의 수평 정렬에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. Leadbetter와 Simmons (2002)는 퍼팅 동작의 일관성은 올바른 어드레스 자세에서 비롯되며, 어깨, 골반, 양발이 타깃 라인과 평행을 이루는 것을 정확한 신체 정렬로 정의하였다. 또한 Pelz (2000)는 양발 스탠스를 비롯한 신체가 타깃 라인과 평행을 이루면, 팔과 손목의 움직임에 대한 방해 요소를 최소화시키고 일관성 있는 퍼팅 스트로크를 통해 성공 확률을 높일 수 있다고 보고하였다.

CONCLUSION

본 연구의 목적은 골프 퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력에 따른 에이밍 라인 적용이 퍼팅 얼라인먼트에 미치는 영향을 분석하는데 있다. 본 연구에서는 피험자 선정 및 집단 분류를 위해 배열시력 검사와 가성무시 검사를 실시하였으며, 검사 결과를 기준으로 시지각 능력에 따라 4개 집단(VHPH, VHPL, VLPH, VLPL)으로 분류하였다. 본 실험에서는 골프볼 에이밍 라인 적용 형태에 따른 4가지 조건(WO, W1, W3, WV)에 대해 무작위 순으로 3회의 퍼팅 어드레스 동작을 수행하였으며, 이때 운동학적 분석을 통해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도, 타깃 라인과 양발 스탠스의 정렬 각도를 분석하였다.

퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력 집단과 골프볼 에이밍 라인 적용 조건에 따른 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도를 분석한 결과, WO 적용과 W1 적용의 두 조건 모두에서 VHPH 집단이 VLPH 집단과 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도가 통계적으로 유의하게 감소하였으며, VHPL 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도가 통계적으로 유의하게 감소하였다. W3 적용 조건에서 VHPH 집단이 VLPL 집단에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도가 통계적으로 유의하게 감소하였다. 또한 VHPH 집단에서 W1 적용 조건이 WV 적용 조건에 비해 타깃 라인과 퍼터 페이스의 정렬 각도가 통계적으로 유의하게 감소하였다.

퍼팅 어드레스 동작 시 시지각 능력의 수준이 높은 경우에는 골프볼의 에이밍 라인 적용 조건과 상관없이 정렬 능력이 우수한 것으로 나타났다. 시지각 능력의 수준이 낮은 경우에는 골프볼의 에이밍 라인 적용이 퍼팅 얼라인먼트에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과를 통해 퍼팅 얼라인먼트 향상에 도움을 줄 수 있는 시각적 보조 도구 사용의 효용성에 대한 정량적 평가가 가능할 것으로 판단되며, 시지각 능력에 따른 시각적 보조 도구의 개발에 필요한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 골프의 경기 수행력 향상이란 측면에서 보다 객관적이고 정량화된 운동역학적 후속 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2021S1A5A2A01073562).

REFERENCES

Abdel-Aziz, Y. & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in object-space coordinates in close range photogrammetry. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.

Alexander, D. L. & Kern, W. (2005). Drive for show and putt for dough?: an analysis of the earnings of PGA Tour golfers.

Journal of Sports Economics, *6*(1), 46-60.

Beslow, S. & Evans, F. (2011). *Truth In Numbers*. Using the most recent PGA Tour stats and data gathered at the world's largest amateur tournament, SIGOLF+ shatters three putting myths. Sports Illustrated Vault, 114.

Bowers, D. & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, *18*(4-5), 491-498.

Dewhurst, P. (2015). *The science of the perfect swing*. Oxford University Press.

Farnsworth, C. L. (1997). *See it & sink it: mastering putting through peak visual performance*. Harper Collins Publishers.

Farnsworth, C. L. (2009). *The putting prescription: the putt doctor's proven method for a better stroke*. Wiley.

Har, D. H. & Cho, D. H. (2015). The kinematic analysis of change of putter head on putting accuracy. *Korean Journal of Physical Education*, *54*(6), 617-624.

Johnston, A., Benton, C. P. & Nishida, S. Y. (2003). Golfers may have to overcome a persistent visuospatial illusion. *Perception*, *32*(9), 1151-1154.

Karlsen, J., Smith, G. & Nilsson, J. (2008). The stroke has only a minor influence on direction consistency in golf putting among elite players. *Journal of Sports Sciences*, *26*(3), 243-250.

Kim, J. H., Lim, K. H. & Kim, Y. T. (2020). A novel method for hyperacuity measurement. *Journal of the Korean Ophthalmological Society*, *61*(2), 175-182.

Kim, Y. J., Jin, Y. G., Koo, B. Y., Jang, J. U. & Mah, K. C. (2020). The effects on the putting alignment with golf balls and putters aiming lines. *The Korean Journal of Vision Science*, *22*(4), 515-527.

Leadbetter, D. & Simmons, R. (2002). *David leadbetter 100% golf: unlocking your true golf potential*. Harper Resource.

Lee, M. Y. & Lee, H. J. (2019). Analysis of inclination of amateur golfer putting stroke face angle and club path. *Korean Journal of Sport Science*, *28*(2), 1121-1127.

Mangum, G. (2008). *Optimal putting: brain science, instincts, and the four skills of putting*. Axess Book Printing.

McCourt, M. E., Garlinghouse, M. & Reuter-Lorenz, P. A. (2005). Unilateral visual cueing and asymmetric line geometry share a common attentional origin in the modulation of pseudoneglect. *Cortex*, *41*(4), 499-511.

Park, J. (2001). A kinematic analysis for putter's in putting stroke. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *11*(2), 319-331, 2001.

Pelz, D. (2000). *Dave Pelz's putting bible: the complete guide to mastering the green* (Vol. 2). Doubleday.

Pelz, D. & Frank, J. A. (2000). *Dave Pelz's putting bible*. Doublday.

Roberts, R. & Turnbull, O. H. (2010). Putts that get missed on the right: investigating lateralized attentional biases and the nature of putting errors in golf. *Journal of Sports Sciences*, *28*(4), 369-374.

Shim, J., Miller, G. & Lutz, R. (2012). Use of ball line as an alignment aid in putting. *International Journal of Golf Science*, *1*(2), 71-80.

Son, Y., Na, D. L., Kwon, H. M., Kang, Y., Adair, J. C. & Heilman, K. M. (2001). Line quadrisection errors in normal subjects. *Cortex*, *37*(5), 665-670.

Stenner, B. & Buckley, J. (2014). Use of a ball alignment mark improves putting performance in golf. *International Journal of Golf Science*, *3*(2), 145-150.

Sung, K. R. (1997). *Measurement of vernier acuity using computer programs*. Master's thesis, Ulsan University.

van Lier, W. H., van der Kamp, J. & Savelsbergh, G. J. (2011). Perception and action in golf putting: skill differences reflect calibration. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *33*(3), 349-369.

Williams, A. M., Janelle, C. M. & Davids, K. (2004). Constraints on the search for visual information in sport. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *2*(3), 301-318.

Wiren, G. (1992). *Golf: building a solid game*. Prentice-Hall.