



숙련수준, 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따른 퍼팅속도와 성공률 비교*

박진(서울여자대학교, 교수)·안선숙** (이화여자대학교, 박사생)

국문초록

본 연구의 목적은 숙련수준에 따라 퍼팅위치, 퍼팅구간이 퍼팅속도와 성공률에 영향을 미치는지 규명하는 것이다. 이를 위해 숙련골퍼 16명(남자 7명, 여자 9명), 미숙련골퍼 12명(남자 6명, 여자 6명)을 대상으로 4가지의 그린(평지, 뒤높음, 좌높음, 우높음)에서 1.8m 퍼팅스트로크를 5회씩 반복하였다. 자료수집은 19대의 적외선카메라를 사용하였으며, 속도를 초당 120Hz로 동기화하였다. 자료처리는 골프에 대한 숙련수준과 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도와 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해 3 요인[2(숙련수준) x 4(퍼팅위치) x 5(퍼팅구간)] 혼합모형 MANOVA (Three-factor mixed model MANOVA) 방법을 적용하였다. 그리고 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해서는 2요인[2(숙련수준) x 4(퍼팅위치)] ANOVA 방법을 적용하였다. 연구문제는 숙련수준, 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도는 차이가 있는가? 그리고 숙련수준과 퍼팅위치에 따라 성공률은 차이가 있는가? 로 설정하였다. 결과에 따르면 퍼팅구간별로 퍼팅속도의 평균은 숙련수준과 관계없이 볼이 시작하는 지점으로부터 0.15m에서 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 미숙련집단과 숙련집단의 퍼팅속도 평균간에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다($F(1, 26)=0.05, p=.819, \eta_p^2=.002$). 한편 숙련수준에 따른 퍼팅위치 별 성공률은 전체적으로 숙련집단이 미숙련집단보다 높은 것으로 나타났다($F(1, 1.4)=5.91, p=.017, \eta_p^2=.054$). 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았으나 '우높음'에서는 미숙련집단의 성공률 평균이 숙련집단보다 높은 것으로 나타났다($F(1, 26)=0.15, p=.698, \eta_p^2=.006$).

한글주요어 : 퍼팅스트로크, 숙련수준, 그린경사, 퍼팅속도, 성공률

* 이 논문은 2020학년도 서울여자대학교 교내연구비의 지원을 받았음(2020-0416).

** 안선숙, 이화여자대학교, E-mail : sunnyan79@nate.com

I. 서 론

골프는 볼을 한 지점에서 다른 지점으로 이동시키고 최종적으로 홀 컵에 넣는 것이 반복되는 경기이다. 이때 골퍼는 클럽을 이용하여 볼을 치는데 이를 스트로크(stroke)라 한다. 스트로크 된 볼은 두 가지 방법으로 공간 이동을 한다. 하나는 공중을 날아가다가 지면에 착지한 후 굴러서 이동하는 방식이고, 다른 하나는 처음부터 지면과 접촉하여 구르면서 이동하는 것이다. 운동학적인 관점에서 보면 전자를 드라이빙 스트로크(driving stroke), 후자를 퍼팅 스트로크(putting stroke)라 한다(Park, Kim, & Jung, 2017). 따라서 골프는 두 가지 스트로크 방식으로 승부가 결정되는 게임이라 할 수 있다.

퍼팅은 한 라운드(18홀)에서 전체 타수의 40~45%를 차지할 정도로 비중이 높은 기술이고(Cochran & Stobbs, 1968; Pelz & Frank, 2000), 이를 스트로크로 계산하면 28.8~32.4타수가 된다. 이렇게 중요한 퍼팅은 타격 된 볼이 지면에 계속 영향을 받으며 이동하기 때문에 움직임이 예상되는 그린의 여러 가지(경사, 잔디 길이, 풀의 방향, 수분함유, 이물질 등) 상황을 잘 관찰하는 것이 성공의 지름길이라 할 수 있다.

그린의 여러 변수 중 퍼팅을 준비하는 골퍼가 가장 크게 생각하는 문제는 볼이 얼마의 속도로 어느 곳을 향해야 홀 속으로 들어가는가 하는 점이다. 이는 그린의 어느 방향으로 기울어져(slope) 있는지에 대한 판단과 지면 마찰에 대한 볼의 속도와 연결되어있다. 만약 골퍼 생각에 볼과 홀 사이가 평지라고 판단하면 퍼팅라인은 직선이 될 것이다. 그러나

볼과 홀 사이에 경사가 있다고 판단하면 평지와는 다른 선택을 해야 할 것이다. 또한 다른 변수는 볼의 속도이다. 이것은 그린 경사에 영향을 받기도 하지만 풀의 길이와 방향 그리고 습기에 영향을 받는다. 그린의 마찰을 판단하기 위한 골퍼의 행동은 눈으로는 가능하지만, 손으로 만지거나 검사하는 행위는 금지되어있다(대한골프협회, 2019).

퍼팅에 관련된 운동학적인 연구는 Cochran & Stobbs(1968)에 의해 다양하게 이루어졌다. 이들은 퍼팅에서 나타나는 문제는 클럽의 궤도와 볼과의 접촉, 그리고 볼과 그린의 접촉 현상으로 보았다. 결론적으로 퍼팅 실수의 원인을 4가지로 분석하였는데, 첫째, 볼이 가야 하는 정확한 선(correct line)을 잘못 예측하는 것이다. 둘째, 예측한 선으로 볼을 보내는 능력이 부족하다. 셋째, 선을 올바르게 예측했다 하더라도 볼의 속도가 약하거나 혹은 너무 빠르다. 넷째, 그린의 경사가 규칙적이지 못하기 때문에 볼이 왜곡된다. Holmes(1991)는 볼이 홀 속으로 들어갈 수 있는 속도를 연구한 결과 만약 볼이 홀(지름 0.108m)의 중앙으로 이동한다면 1.6m/s 이하에서 가능하다고 판단하였다. 그러나 중앙을 벗어나는 경우 볼은 자유낙하 과정에서 충분한 거리의 부족으로 홀의 들레와 접촉하게 되고, 결과적으로 볼의 속도에 의해 튕겨 나간다는 것이다. 즉, 홀의 중앙을 통과할 때는 1.6m/s 이하이면 가능하지만, 중앙을 벗어나면 속도의 크기는 줄어들어야 한다. Pelz(2000)는 퍼팅을 할 때 볼의 진행 방향에 영향을 주는 요소로 퍼터 헤드의 볼 접촉 각도와 클럽의 이동궤도로 설명하였다. 그는 구체적으로 볼의 이동 궤적의 결정은 클럽의 접촉 각도가 83%, 이동궤도가 17%의 영향을 준다

고 보고하였다. 따라서 퍼팅에서 볼의 방향은 헤드 움직임 방향이 상당 부분 영향을 미친다는 결과로 해석할 수 있다. Penner(2002)는 구르는 볼이 그린에 의해 어떠한 영향을 받는지 밝혀내고자 했다. 그에 따르면 5° 오르막 경사의 경우 중력의 영향으로 볼이 목표 반대 방향으로 휘면서 멀어지는 경향을 보였으나, 5° 내리막 경사에서는 볼이 오히려 목표에 가까워지는 경향을 보이는 것으로 보고하였다. 박진(2012)은 퍼팅 스트로크에서 경사에 따른 볼의 움직임 특성을 연구하였다. 진자퍼팅기로 실험된 이 연구는 2°의 경사면에서 평지, 오르막 경사, 내리막 경사, 측면경사로 나뉘어서 실행되었다. 결과에 따르면 오르막 경사의 경우 평지의 거리보다 짧게(57%) 이동하고, 내리막 경사의 경우에는 길게(166%) 이동하고, 측면경사에서는 약간(4%) 줄어드는 것으로 보고하였다. 경사면 방향으로는 자유낙하와 유사하게 직선거리 대비 점점 커지는 양상을 나타냈다고 보고하였다.

골프에서 그린의 굴곡을 이해하는 것은 성공과 실패의 중요한 요소로 작용한다. 특히 경사의 정도를 이해하고 어느 정도 휘는지를 판단하는 것은 볼을 홀에 넣느냐? 혹은 실패하느냐?를 결정하는 중요한 요소라 할 수 있다. Lemons(2008)는 그린의 속도와 경사에 관한 분석을 통해 그린의 속도가 빠른 경우 경사는 완만한 것이 바람직하며, 그린 속도가 느린 경우 경사가 있더라도 크게 문제 되지 않는 것으로 판단하였다. 그의 분석에 따르면 그린 속도에 따라 다소 차이가 있지만, 그린의 경사가 1~3.2°일 경우에는 적정 수준으로, 3.3~4.6°는 중간 수준으로, 4.7° 이상은 심한 수준으로 평가하였다. 그리고 홀에 볼이 들어가기 위해서는 가장자

리에 도달했을 때 일정 속도 이하를 유지해야 한다. 이러한 골프 볼 움직임의 이론적인 배경을 바탕으로 그린에 경사 조건이 있을 때 골퍼들은 어떤 판단을 내리고, 어떻게 퍼팅 스트로크를 실행하는지 알아볼 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 숙련수준에 따라 퍼팅위치, 퍼팅구간이 퍼팅속도와 퍼팅성공률에 영향을 미치는지 규명하는 것이다. 목적을 달성하기 위해 이 연구에서는 첫째, 숙련수준, 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도는 차이가 있는가? 둘째, 숙련수준과 퍼팅위치에 따라 성공률은 차이가 있는가? 라는 연구문제를 설정하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

실험의 참여자는 숙련 골퍼 16명(남자 7명, 여자 9명)과 미숙련 골퍼 12명(남자 6명, 여자 6명; 43.4±9.0세)이다(표 1). 숙련 골퍼는 KPGA 5명, KLPGA 7명, 티칭프로 2명, 국가대표상비군 2명이다. 참여자들에게 연구의 목적을 충분히 설명하였으며 서면동의를 받은 후 실험하였다.

2. 실험도구

연구는 운동역학실험 장비가 갖추어져 있는

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

집단	나이	경력	핸디
	Mean(±SD)	Mean(±SD)	Mean(±SD)
숙련(N=16)	32.9(±9.6)	16.7(±5.1)	3.4(±1.9)
미숙련(N=12)	43.4(±9.0)	10.2(±5.1)	13.7(±5.3)

KISS 실내실험실에서 이루어졌다. 실험실에는 19대의 적외선카메라(Qualisys, Sweden)가 설치되어 공간에서 움직이는 물체의 이동을 실시간 3차원 좌표로 바꿀 수 있다. 카메라의 속도는 초당 120Hz로 모든 카메라를 동기화시켰다. 퍼팅그린은 폴리카보네이트 판(1.2 x 2.4 x 0.01m)을 사용하여 경사에서 실제 그린과 같은 느낌이 들도록 하였으며, 마찰계수는 0.062이다(Park, Kim, & Jung, 2017). 퍼팅그린 중앙에 한 점을 표시하여 시작을 나타내었고, 1.8m 떨어진 곳에 점을 표시하여 홀의 중심으로 하였다. 퍼팅위치는 다음과 같이 하였다. '좌높음' 경사의 경우 홀의 중심 좌측 0.6m 위치 판 아래 볼(지름 0.043m)을 놓아 경사를 만들었으며, '우높음' 경사는 홀 중심 우측 0.6m에 볼을 놓아 경사를 만들었다. '뒤높음' 경사는 홀 컵 0.3m 뒤에 볼을 놓아 경사를 만들었다(그림 1). 그리고 홀 컵 주변에 9곳을 지정하여 경사를 변경할 때마다 지면경사측정기 GLM500(Bosch, Germany)으로 경사도를 측정하였다. 실험에 사용된 퍼터는 피험자 자신의 퍼터를 사용하거나 연구자가 준비한 일반 퍼터 중 하나를 선택하도록 했다. 볼은 Titleist Pro V1(USA)을 사용하였다. 볼의 위치는 자동으로 계산되므로 적외선카메라가 감지할 수 있도록 반사 테

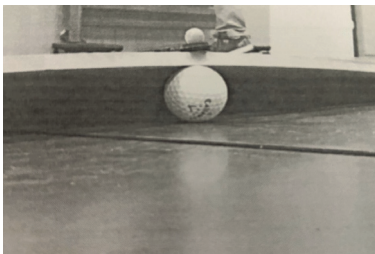


그림 1. 그린 경사도 방법(Park, Kim, & Jung, 2017)

이프를 볼의 표면 전체에 부착하였다.

3. 실험절차

참여자들은 먼저 연구에 대한 설명을 듣고, 서면 동의를 한 후 몸을 풀도록 하였다. 실험 거리는 1.8m이다. 시작은 항상 같은 위치에 볼이 놓이도록 하였으며, 목표는 홀 중심 좌우에 성공구간을 표시하여 실제와 같은 느낌으로 하였다. 참여자는 그린과 퍼터에 대한 적응이 끝나면 연구자에게 준비되었음을 알렸고 이후 바로 실험을 시작하였다. 실험의 순서는 평지, 뒤높음, 좌높음, 우높음(퍼팅 위치)을 연구자가 무작위로 설정하였다. 실험조건 별로 경사면 준비가 끝나면 참여자는 준비된 경사에서 자신의 페이스에 맞추어 각 5회의 퍼팅 스트로크를 반복적으로 수행하였다. 참여자가 하나의 경사면 실험을 끝내면 연구자는 다음 경사를 준비하였고, 항상 GLM500을 이용하여 경사를 확인하였다. 참여자는 변경된 실험조건에서 5회의 퍼팅스트로크를 반복하였고, 연속하여 4개의 경사를 실시하였다. 실험 중 볼이 홀의 중심에서 $\pm 0.04\text{m}$ 이하로 통과할 경우 "성공"으로, $\pm 0.05\text{m}$ 이상일 경우 "실패"로 기록하였다. 퍼팅그린은 1.2 x 2.4m의 직사각형 판이다. 한쪽에 시작지점이 있고 1.8m 떨어진 곳이 홀의 중심이다. 시작점에서 홀 방향을 y축, 좌우 방향이 x축이다. 퍼팅구간은 시작지점에서 0.15m, 0.55m, 0.95m, 1.35m, 1.55m, 1.75m 등 5개이다. 실험에서 같은 경사 조건을 갖기 위해 각 위치에 번호로 표시하였다. 시작지점에서 y축으로 1.2m는 '2' 위치이고, 그곳에서 x축으로 0.3m 떨어진 좌측이 '1', 우측이 '3'이다. y축으

로 1.5m는 '5' 위치이고, 그곳에서 x축으로 0.3m 떨어진 좌측이 '4', 우측이 '6'이다. y축으로 1.8m (홀 중심)는 '8' 위치이고, 그곳에서 x축으로 0.3m 떨어진 좌측이 '7', 우측이 '9'이다(표2).

4. 자료처리(data analysis)

이 연구에서는 골프에 대한 속련수준과 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도와 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해 3 요인(2(속련수준) x 4(퍼팅위치) x 5(퍼팅구간)) 혼합모형 MANOVA (Three-factor mixed model MANOVA) 방법을 적용하였다. 그리고 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해서는 2요인(2(속련수준) x 4(퍼팅위치)) ANOVA 방법을 적용하였다. 분석에 앞서 참여자들로부터 5회 측정된 퍼팅속도간에 일관성이 있는지를 확인하기 위해 유목내상관계수(Intra-class correlation coefficient: ICC)를 산출하였다. 산출된 ICC가 운동기능검사의 신뢰도 수용기준인 .80 이상(Baumgartner, Jackson, Mahar, & Rowe, 2016)이면 단일시행치(single measure), 미만이면 시행평균치(average measure)를 적용하였다.

MANOVA 검증을 위해 요구되는 기본가정인 속련수준별, 퍼팅위치별, 퍼팅구간별 퍼팅속도에 대한 변량의 동질성은 Mauchly의 구형성(sphericity) 가정 검증방법으로 하였다. 검증결과 $\alpha=.05$ 수준에서 구형성 가정이 만족 되지 않을 경우, MANOVA 방법을 적용하였으며 만족 되는 경우 반복측정 ANOVA 방법을 적용하였다. 그리고 속련수준별, 퍼팅위치별 성공률에 대한 변량의 동질성은 Levene의 검증방법을 적용하여 검증하였다. 통계적 검증결과 얻은 유의수준(p)은 표본수의 크기에 의해 영향을 받기 때문에 관계강도를 나타내는 효과크기(Effect Size: ES)인 부분에타제곱(Partial η^2)을 산출하였다. η_p^2 의 해석은 .01 이하는 무시할 수 있는 정도, .01~.06는 적은 정도의 관련강도, .06~.14는 중 정도의 관련강도, .14~.20는 높은 정도의 관련강도, .20 이상은 매우 높은 정도의 관련강도로 해석한다(Cohen, 1988). 수집된 자료는 부호화 과정을 거쳐 전산처리하였다. 분석은 SPSS 22.0 프로그램을 이용하였으며 제1종 오류를 범할 확률(α)은 .05로 설정하였다.

표 2. 실험 구간 경사도 (y:볼의 진행 방향, x:경사 방향)(단위: °)

경사	좌표	1	2	3	4	5	6	7	8	9
평지	X	0.4	0.6	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7
	Y	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4
뒤	X	3.7	1.8	0.9	4.8	2.5	1.0	5.1	3.0	1.2
	Y	2.1	1.0	0.4	1.9	1.0	0.5	1.0	0.9	0.5
좌	X	0.2	0.5	0.9	0.0	0.3	1.2	0.7	0.3	1.7
	Y	1.0	1.2	1.2	2.3	2.6	2.5	3.5	4.2	3.6
우	X	0.2	1.1	2.5	0.0	1.9	3.7	0.2	2.2	3.7
	Y	0.5	1.0	2.3	0.5	1.0	1.5	0.6	0.7	0.7

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 연구결과

1) 퍼팅속도의 신뢰도

참여자들로부터 측정된 퍼팅속도의 신뢰도를 확인하기 위해 이 연구에서는 퍼팅구간별로 각 5회 측정하였다. 측정된 퍼팅속도간의 신뢰도는 유목내 상관계수(Intra-class correlation coefficient: ICC)에 의해 추정하였다. <표 3>은 숙련수준별, 퍼팅구간별로 1회 시행을 가정했을 때(단일시행)와 5회 시행결과를 평균했을 때(시행평균) 산출된 ICC 값을 제시한 것이다. 전체 참여자를 대상으로 시행간 내적 일관성(ICC)을 산출한 결과, 1회 시행결과를 개인의 퍼팅속도 값으로 결정할 때의 신뢰도는 퍼팅구간에 따라 .672에서 .741까지로 나타났다. 반면 5회 시행결과의 평균을 개인의 측정치로 결정할 때의 신뢰도는 .911에서 .935까지로 나타났다. 이와 같은 결과는 미숙련집단과 숙련집단을 대상으로 산출된 ICC에서도 유사하게 나타나고 있다. 또한, 미숙련집단과 숙련집단으로부터 산출된 퍼팅거리별 단일시행과 시행평균 ICC에 의하

면 시행간 퍼팅속도의 일관성은 숙련집단이 미숙련 집단보다 높다. 한편 5회 시행중 단일시행 결과를 개인의 퍼팅속도 대표치로 결정할 경우의 ICC는 모든 퍼팅구간에서 .741 이하의 계수를 보임으로써 운동기능검사의 신뢰도 수용기준인 .80 (Baumgartner, Jackson, Mahar, & Rowe, 2016)을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 모든 조건에서 .80 이상의 신뢰도를 나타내고 있는 5회 시행평균 값을 개개인의 퍼팅속도 대표치로 결정하였다.

2) 퍼팅속도

숙련수준(S)과 퍼팅위치(P), 퍼팅구간(D)에 따라 퍼팅속도에 차이가 있는지를 검증하기 위해 3요인(2(S) x 4(P) x 5(D)) 혼합모형 MANOVA (Three-factor mixed model MANOVA) 방법을 적용하였다. 분석결과 얻은 숙련수준(S)과 퍼팅위치(P), 퍼팅구간(D)별 사례수와 평균, 표준편차는 <표 4>, 검증결과는 <표 5>, <표 6>과 같다.

반복측정된 독립변인별(퍼팅위치, 퍼팅구간) 퍼팅속도에 대한 Mauchly의 구형성가정 검증결과 퍼팅위치간 ($w=.724, \chi^2=7.98, df=5, p=.157$) 퍼팅속도 측정

표 3. 5회 시행결과에 대한 숙련수준별, 퍼팅구간별 단일시행1)과 시행평균2)시의 ICC

	미숙련집단		숙련집단		전체	
	단일시행	시행평균	단일시행	시행평균	단일시행	시행평균
0.15m	.509	.838	.763	.941	.672	.911
0.55m	.575	.871	.795	.951	.717	.927
0.95m	.566	.867	.795	.951	.712	.925
1.35m	.583	.875	.819	.958	.741	.935
1.75m	.627	.894	.770	.943	.720	.828

1) 단일시행(single measure): 1회 시행결과를 개인의 측정치로 결정할 때의 신뢰도

2) 시행평균(average measure): 5회 시행결과의 평균을 개인의 측정치로 결정할 때의 신뢰도

치의 변량은 동질적인 것으로 나타난 반면, 퍼팅구간간 ($w=.009, \chi^2=114.64, df=9, p<.001$), 퍼팅위치x 퍼팅구간간($w<.001, \chi^2=261.30, df=77, p<.001$) 퍼팅속도 측정치의 변량은 동질적이지 않은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 기초로 퍼팅위치 변인은 반복측정 ANOVA 방법을 적용하여 분석하였다. 반복측정 자료에 대한 변량의 동질성 검증결과 Huynh-Feldt의 ϵ 값이 .997로 나타남으로써 구형성가정이 만족된 경우에 해당하는 통계치를 적용하였다. 그리고 퍼팅구간, 퍼팅위치와 퍼팅구간 간의 상호작용효과 검증은 MANOVA를 이용하여 분석하였다. 피험자 간 설계에 해당하는 숙련수준간 퍼팅속도에 대한 Levene의 변량의 동질성 검증결과, 모든 평균치의 비교에서 $p>.05$ 로 나타남으로써 변량은 동질적인 것으로 나타났다.

퍼팅구간별로 본 퍼팅속도의 평균은 숙련수준과 퍼

팅위치에 관계없이 시작지점 0.15m ($M=1.3m/s$)에서 가장 높은 속도를 나타내고 있다. 이후 0.55m 지점($M=1.15m/s$)에서 상대적으로 급격하게 감소하는 경향을 보인 이후 완만한 감소 경향을 나타내고 있다. 숙련수준에 따른 퍼팅속도의 평균은 퍼팅위치에 따라 차이 경향을 나타내고 있다.

(표 5)의 3개 독립변인에 대한 주효과 검증결과에 의하면 퍼팅위치(P)간($F(3, 78)=4.65, p=.005, \eta_p^2=.152$)과 퍼팅구간(D)간(Hotelling's $T^2=354.70, F(4, 23)=2039.51, p<.001, \eta_p^2=.997$) 퍼팅속도에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타난 반면, 숙련수준(S)간 퍼팅속도는 $F(1, 26)=0.05, p=.819, \eta_p^2=.002$ 로서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 숙련집단과 미숙련집단의 퍼팅속도 평균 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 4. 숙련수준, 퍼팅위치, 퍼팅구간 퍼팅속도의 평균±표준편차

(단위: %)

퍼팅 위치	집단(n)	퍼팅구간				
		0.15m	0.55m	0.95m	1.35m	1.75m
평지	미숙련(12)	1.45±0.16	1.18±0.10	1.13±0.11	1.05±0.10	0.97±0.10
	숙련(16)	1.38±0.27	1.14±0.15	1.08±0.16	1.02±0.17	0.89±0.17
	전체(28)	1.41±0.22	1.16±0.13	1.10±0.14	1.03±0.14	0.93±0.15
뒤높음	미숙련(12)	1.39±0.23	1.16±0.15	1.09±0.14	1.02±0.13	0.78±0.16
	숙련(16)	1.49±0.31	1.21±0.18	1.15±0.19	1.06±0.20	0.83±0.23
	전체(28)	1.45±0.28	1.19±0.17	1.12±0.17	1.04±0.17	0.80±0.20
좌높음	미숙련(12)	1.28±0.18	1.08±0.11	1.02±0.11	0.92±0.13	0.78±0.13
	숙련(16)	1.36±0.20	1.13±0.14	1.05±0.14	0.96±0.15	0.82±0.16
	전체(28)	1.33±0.19	1.11±0.13	1.03±0.13	0.94±0.14	0.80±0.15
우높음	미숙련(12)	1.39±0.17	1.14±0.09	1.06±0.10	0.98±0.11	0.84±0.11
	숙련(16)	1.40±0.25	1.15±0.16	1.07±0.15	0.98±0.18	0.82±0.19
	전체(28)	1.39±0.21	1.15±0.13	1.06±0.13	0.98±0.15	0.83±0.16
전체	미숙련(48)	1.38±0.19	1.14±0.12	1.07±0.12	0.99±0.12	0.84±0.15
	숙련(64)	1.40±0.26	1.16±0.16	1.09±0.16	1.00±0.18	0.84±0.19
	전체(112)	1.39±0.23	1.15±0.14	1.08±0.15	1.00±0.16	0.84±0.17

표 5. 숙련수준간, 퍼팅위치간, 퍼팅구간간 퍼팅속도의 MANOVA 결과표

		SS	MS	df	F	p	η_p^2	Power
피험자간								
숙련수준(S)		0.01	0.01	(1, 26)	0.05	.819	.002	0.06
오차		2.61	0.10					
피험자내-전체								
퍼팅위치(P)*		0.67		(3, 78)	4.65	.005	.152	0.88
퍼팅구간(D)	Hotelling's T2	354.70		(4, 23)	2039.51	.001	.997	1.00
P x S	Wilks' λ	0.74		(3, 24)	2.85	.059	.262	0.61
D x S	Wilks' λ	0.84		(4, 23)	1.10	.378	.161	0.29
P x D	Wilks' λ	0.31		(12, 15)	38.66	.001	.969	1.00
P x D x S	Wilks' λ	0.59		(12, 15)	0.88	.585	.412	0.30

* 구형성 가정이 만족($w = .724, \chi^2 = 7.98, df = 5, p = .157$)됨으로써 반복측정 ANOVA 결과가 제시됨

3개 독립변인(S, P, D)간 상호작용효과는 P와 D간의 효과를 제외하고는 모든 가능한 조합에서 $p > .05$ 수준에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. P와 D간의 상호작용효과는 Wilks' $\lambda = 0.31, F(12, 15) = 38.66, p < .001, \eta_p^2 = .969$ 수준에서 통계적으로 유의한 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 퍼팅구간(D)에 따라 퍼팅위치(P)간 퍼팅속도는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다. 따라서 P와 D간 상호작용 효과의 실제적 유의성(practical significance)을 확인하기 위해 작성된 그림은 <그림 2>와 같다. <그림 2>에 의하면 '평지'와 '뒤높음' 위치에서 구간에 따라 퍼팅속도의 평균치가 상호교차하거나 붙은 사례가 발

견되고 있다. 이와 같은 결과를 근거로 이 연구에서는 퍼팅위치(P)간과 퍼팅구간(D)간 퍼팅속도의 유의한 주효과에 관계없이 퍼팅구간별로 퍼팅위치간 퍼팅속도에 차이가 있는지를 검증하였다. 검증 결과는 (표 6)와 같다.

(표 6)의 퍼팅구간별 퍼팅위치간 퍼팅속도에 대한 구형성가정 검증결과, 모든 구간에서 Huynh-Feldt의 ϵ 값이 .965에서 1.00의 값을 나타냄으로써 반복측정 ANOVA 결과는 구형성가정이 만족된 경우에 적용하는 통계치와 Huynh-Feldt의 통계치를 적용하였다. 분석결과 모든 구간에서 퍼팅위치간 퍼팅속도는 $p < .026, \eta_p^2 = .107$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 퍼팅위치

표 6. 퍼팅구간별 퍼팅위치(P)간 퍼팅스피드의 반복측정 ANOVA와 대비검증(contrast)결과

		SS	MS	df	F	p	η_p^2	Contrast
-15cm	Huynh-Feldt	0.22	0.07	(2.9, 78.0)	3.24	.026	.107	3<4=1=2**
-55cm*		0.10	0.03	(3, 81)	4.34	.009	.139	3<4=1=2
-95cm	Huynh-Feldt	0.13	0.05	(2.9, 79.0)	6.04	.001	.183	3=4<1=2
-135cm*		0.19	0.06	(3, 81)	7.79	.001	.224	3=4<1=2
-175cm	Huynh-Feldt	0.28	0.10	(2.9, 78.2)	254.63	.001	.258	2=3=4<1

* 구형성 가정이 만족됨으로써 반복측정 ANOVA 결과가 제시됨

** 1: 평지, 2: 뒤높음, 3: 좌높음, 4: 우높음

간 퍼팅속도는 퍼팅구간에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 퍼팅위치간 퍼팅속도가 어떤 퍼팅구간에서 차이가 있는지를 확인하기 위해 대비검증(contrast)을 하였다. 검증결과는 (표 6)의 우측에 제시하였다.

3) 퍼팅성공률

숙련수준(S)과 퍼팅위치(P)에 따라 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해 2 요인[2(S) x 4(P)] ANOVA 방법을 적용하였다. 분석결과 얻은 숙련수준(S)과 퍼팅위치(P)별 사례수와 평균, 표준편차는 (표 7), 검증결과는 (표 8)과 같다.

(표 7)에 의하면 성공률은 전체적으로 볼 때 숙련집단(M=0.592)이 미숙련집단(M=0.497)보다 높은 경향을 나타내고 있다. 퍼팅위치별로 본 성공률은 '뒤높음(M=0.628)'이 다른 위치에 비해 높은 경향을 나타내고 있다. 그러나 퍼팅위치별로 본 성공률은 숙련수준에 따라 차이 경향을 보이고 있다. 대부분의 퍼팅위치에서 숙련집단의 성공률이 높게 나타나고 있으나 '우높음' 위치에서는 미숙련

집단(M=0.545)의 성공률이 숙련집단(M=0.506)보다 높은 경향을 보였다.

ANOVA 분석을 위해 요구되는 기본가정의 하나인 변량의 동등성(Equality of error variance based on mean) 검증은 Levene의 평균치에 기초한 방법을 적용하였다. 검증결과 $F(7, 104)=0.758, p=.624$ 로서 8개 하위집단간 성공률의 변량은 동질적인 것으로 나타났다.

(표 8)의 2개 독립변인에 대한 주효과 검증결과에 의하면 숙련수준(S)간 [$F(1, 1.4)=5.91, p=.017, \eta_p^2=.054$] 성공률에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타난 것을 제외하고는 퍼팅위치(P)간 [$F(3, 104)=2.52, p=.062, \eta_p^2=.068$]와 S와 P간의 상호작용효과 [$F(3, 104)=2.24, p=.090, \eta_p^2=.060$]는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 비록 S와 P간의 상호작용효과가 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았으나 '우높음' 위치에서는 다른 위치와는 반대로 미숙련집단의 성공률 평균이 숙련집단보다 높은 경향(표 7 참조)을 보였다.

표 7. 숙련수준, 퍼팅위치별 성공률의 평균±표준편차

(단위:%)

집단(n) \ 퍼팅위치	평지	뒤높음	좌높음	우높음	전체
미숙련(12)	0.546±0.192	0.540±0.192	0.356±0.186	0.545±0.271	0.497±0.222
숙련(16)	0.588±0.186	0.693±0.205	0.583±0.154	0.506±0.249	0.592±0.208
전체(28)	0.570±0.186	0.628±0.210	0.485±0.201	0.523±0.254	0.551±0.218

표 8. 숙련수준간, 퍼팅위치간 성공률의 ANOVA 결과

	SV	SS	df	MS	F	p	η_p^2	Power
숙련수준(S)		0.252	1	0.252	5.19	.017	.054	0.67
퍼팅위치(P)		0.322	3	0.107	2.52	.062	.068	0.61
S x P		0.284	3	0.095	2.22	.090	.060	0.55
오차		4.434	104	0.043				

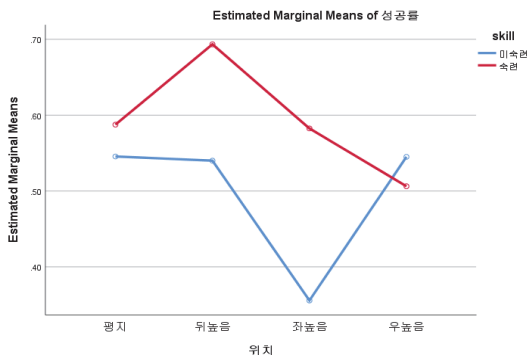


그림 2. 숙련수준과 퍼팅위치별 퍼팅성공률

이러한 점을 고려하여 S와 P간에 실질적으로 상호작용 효과가 있는지를 확인하기 위해 그림을 작성하였다. <그림 2>에 의하면 '우높음' 위치에서 숙련수준간 성공률의 평균치가 상호교차하고 있다. 이와 같은 결과를 기초로 퍼팅위치(P)별로 숙련수준(S)간 성공률에 차이가 있는가를 ANOVA를 적용하여 검증하였다. 검증결과 '좌높음' 위치에서만 $F(1, 26) = 12.42, p = .002, \eta_p^2 = .323$ 수준에서 숙련수준간 성공률에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이외의 '평지' [$F(1, 26) = 0.34, p = .565, \eta_p^2 = .013$], '뒤높음' [$F(1, 26) = 4.06, p = .054, \eta_p^2 = .135$], '우높음' [$F(1, 26) = 0.15, p = .698, \eta_p^2 = .006$] 위치에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 논의

이 연구는 숙련수준과 퍼팅위치, 퍼팅구간이 퍼팅속도와 성공률에 영향을 미치는지를 규명하는 데 목적이 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 설정된 연구문제별 분석결과에 대한 논의는 다음과 같다.

첫째 연구문제인 '숙련수준, 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도는 차이가 있는가?'에 대한 검증결과에 의하면 미숙련집단과 숙련집단의 퍼팅속도 평균간에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 퍼팅구간별 퍼팅속도는 숙련수준에 관계없이 볼이 출발하고 0.15m 지점에서 가장 높은 것으로 나타났다. 이것은 박진(2007)이 제시한 충돌한 볼의 최대속도는 수평으로 0.06~0.10m에서 최대속도를 나타내는 것과 유사한 결과로 사료 된다. 정지되어있던 볼은 충돌 후 약 0.08~0.10second 후에 최대속도에 이르고 점차 마찰력으로 인하여 속도가 줄어들게 된다.

볼의 평균속도 변화를 보면 0.15m에서 0.55m에 이르는 구간에서 큰 폭으로 속도 변화를 보이고 이후 홀 가장자리에 도달하는 거리인 1.75m까지 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 다만 '뒤높음'에서는 1.35m에서 1.75m까지 구간에서 급격하게 퍼팅속도가 변하는 것으로 나타났다. 또한 퍼팅위치와 퍼팅구간별 퍼팅속도 평균간에는 각각 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나 이들 변인간에는 통계적이나 실제적으로 유의한 상호작용효과를 보임으로써 단순주효과(simple main effect)를 검증하였으며, 검증결과 퍼팅위치간 퍼팅속도는 퍼팅구간에 따라 차이가 있는 것으로 확인되었다. 전체적으로 볼 때 '뒤높음' 퍼팅속도가 가장 빠르고 '좌높음' 퍼팅속도가 가장 느리며 이들 간에는 1.75m 지점을 제외하고는 유의한 차이가 있다. 퍼팅구간 1.35m까지의 퍼팅속도는 퍼팅위치간의 차이 여부와 관계없이 유사한 형태를 보인 반면, 1.75m 지점에서 '뒤높음' 퍼팅속도가 급

속히 감소하고 있다. 이러한 원인은 퍼팅위치간 퍼팅속도의 차이를 크게 세 개의 구간(0.15m와 0.55m, 0.95m와 1.35m, 1.35m와 1.75m)으로 나누어 살펴볼 수 있다. 0.15m와 0.55m 지점의 경우, '좌높음' 위치에서의 퍼팅속도는 다른 위치에서의 퍼팅속도보다 느리다. 0.95m와 1.35m 지점의 경우, '좌높음' 위치에서의 퍼팅속도는 '평지'와 '뒤높음' 위치에서의 퍼팅속도보다는 느리지만 '우높음' 위치에서의 퍼팅속도와는 차이가 없다. 그러나 1.35m와 1.75m 지점의 경우 퍼팅위치간 속도는 이와는 다른 결과를 보이고 있다. 상대적으로 볼 때 '평지'에서의 퍼팅속도가 다른 위치에서의 퍼팅속도 보다 빠르다. '뒤높음'의 경우 마지막 구간에서 퍼팅속도가 급격하게 줄어든 것은 박진(2012)이 제시한 2° 오르막 경사에서는 평지보다는 짧게(57%) 이동한다는 선행연구에서 그 원인을 찾을 수 있다. 마지막 구간은 특히 경사도가 큰 구역이어서 '뒤높음'의 경우 볼의 이동이 더욱 급격히 줄어들었을 뿐 아니라 시간이 지날수록 마찰이 증가하고 속도는 감소하는 현상(Hubbard & Alaways, 1999)의 결과라고 사료된다.

둘째 연구문제인 '숙련수준과 퍼팅위치에 따라 성공률은 차이가 있는가?'에 대한 검증결과에 의하면 숙련집단이 미숙련집단보다 전체적으로 퍼팅위치에 따라 성공률이 높은 것으로 나타났다. 특히 숙련집단은 '뒤높음'에서 평균 0.693의 성공률을 보인 반면에 미숙련집단은 '좌높음'에서 평균 0.356의 성공률에 그쳤다. 김선웅, 김창국, 김태운(2009)은 3m 이내의 퍼팅거리에서는 숙련골퍼에 비해 미숙련골퍼의 성공률이 현저하게 떨어진다고 설명하고 있다.

이러한 원인은 Cochran & Stobbs(1968)가 지적 하듯이 미숙련자는 볼을 예측한 방향으로 보내는 능력이 부족하거나 혹은 정확한 예측을 하였다고 하더라도 볼을 일관되게 보내는 능력이 부족하기 때문에 나타난 결과라고 판단된다. 특히 3m 이내의 짧은 퍼팅에서 숙련자가 미숙련자보다 정확성이 뛰어났다는 Shim, Chung, & Kim(2019)의 연구결과와도 일치하였다. 본 실험의 대부분 경사에서는 숙련집단의 성공률이 높은 것으로 나타났으나, '우높음'에서는 미숙련집단이 숙련집단보다 높은 경향을 보였다(그림 2 참조).

이러한 결과는 통계적으로는 유의한 차이가 없었으나 경사의 방향에 그 원인이 있는 것으로 생각된다. 예를 들어 이번 실험에 참여한 대상자들이 모두 '오른손잡이'로서 목표를 자신의 좌측에 놓고 퍼팅을 할 때 좌측이 높은 경사에는 익숙하게 대처하나 우측이 높은 경사에는 미숙한 것으로 사료된다. 또한 이번 연구에서 흥미로운 결과 중 하나는 홀 가장자리인 1.75m 위치에서의 볼의 속도를 보면 숙련수준에 상관없이 0.84m/s였다. 이는 짧은 거리 퍼팅의 경우 Holmes(1991)이 제시한 홀 속으로 들어가는 최대속도한계 1.6m/s보다 낮았으며, 볼이 가장자리에 걸쳐서 튕겨 나갈 수 있는 속도인 1.2-1.4m/s보다도 낮은 것으로 나타났다(Chosun.com, 2011). 볼이 홀 가장자리에 도달하면 그 이후부터는 중력의 영향을 받게 된다. 홀의 지름이 0.108m이지만 중앙을 벗어날수록 점점 지름이 축소되고, 홀의 가장자리로 갈수록 볼의 두께 때문에 홀 속으로 들어가기보다는 속도에 의해 튕겨 나갈 확률이 커지게 된다.

IV. 결론

본 연구의 목적은 숙련수준에 따라 퍼팅위치, 퍼팅 구간이 퍼팅속도와 성공률에 영향을 미치는지 규명하는 것이었다. 이를 위해 숙련골퍼 16명(남자 7명, 여자 9명), 미숙련골퍼 12명(남자6명, 여자6명)을 대상으로 4가지의 그린(평지, 뒤높음, 좌높음, 우높음)에서 1.8m 퍼팅스트로크를 5회씩 반복하였다. 자료 수집은 19대의 적외선카메라를 사용하였으며, 속도를 초당 120Hz로 동기화하였다. 자료처리는 골프에 대한 숙련수준과 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도와 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해 3 요인[2(숙련수준) x 4(퍼팅위치) x 5(퍼팅구간)] 혼합 모형 MANOVA (Three-factor mixed model MANOVA) 방법을 적용하였다. 그리고 성공률에 차이가 있는지를 검증하기 위해서는 2요인[2(숙련수

준) x 4(퍼팅위치)] ANOVA 방법을 적용하였다. 연구문제는 숙련수준, 퍼팅위치, 퍼팅구간에 따라 퍼팅속도는 차이가 있는가? 그리고 숙련수준과 퍼팅위치에 따라 성공률은 차이가 있는가? 로 설정하였다. 결과에 따르면 퍼팅구간별로 본 퍼팅속도의 평균은 숙련수준과 관계없이 볼이 시작하는 지점으로부터 0.15m에서 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 미숙련집단과 숙련집단의 퍼팅속도 평균간에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다($F(1, 26)=0.05$, $p=.819$, $\eta_p^2=.002$). 한편 숙련수준에 따른 퍼팅위치 별 성공률은 전체적으로 숙련집단이 미숙련집단보다 높은 것으로 나타났다($F(1, 1.4)=5.91$, $p=.017$, $\eta_p^2=.054$). 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았으나 '우높음'에서는 미숙련집단의 성공률 평균이 숙련집단보다 높은 것으로 나타났다($F(1, 26)=0.15$, $p=.698$, $\eta_p^2=.006$).

참고문헌

- 김선웅, 김창국, 김태윤(2009). **골프, 원리를 알면 10타가 준다**. 서울: 대경북스.
- 대한골프협회(2019). **골프규칙**, 서울:대한골프협회출판사업부.
- 박진(2007). 퍼팅 스트로크에서 퍼터의 선 운동량 크기에 따른 볼의 이동 속도 변화에 관한 연구. **한국운동역학회지**, 17(4), 83-88.
- 박진(2012). 퍼팅 스트로크 시 경사에 따른 볼의 움직임 특성에 관한 연구. **한국골프학회지**, 6(1), 41-48.
- Baumgartner, T. A., Jackson, A. S., Mahar, M. T., & Rowe, D. A. (2016). *Measurement for evaluation in physical education and exercise science* (9th ed.). Boston, MA: McGraw Hill.
- Cochran, A., & Stobbs, J.(1968). *The search for the perfect swing*. Philadelphia, P.A.: J.B. Lippincott Co.
- Cohen, J.(1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.), New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Holmes, B. W.(1991). Putting: How a golf ball and hole interact. *American Journal of Physics*, 59(2), 129-136.
- Hubbard, M. & Alaways, L.W.(1999). Mechanical interaction of the golf ball with putting greens, *Science and Golf III*. 429-439.
- Lemons, J.(2008). Putting green speeds, slopes, and 'non-conforming' hole location. *USGA Green Section Records, July-August*, 21-25.
- Palmer, A. & Dobereiner, P.(1986). *Arnold Palmer's complete book of putting*. New York: Pocket books.
- Park, J., Kim, J.H., & Jung, J.M.(2017). A Study on the Goal Setting Method for Increasing the Holed Probability in Slope Putting Stroke on an Artificial Putting Surface, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 27(4). 269-278.
- Pelz, D. & Frank, J.A.(2000). *Dave Pelz's putting bible: The complete guide to mastering the green*. New York: Random House.
- Penner, A.R.(2002). The Physics of Putting. *Canadian Journal of Physics*, 80, 1-14.
- Shim, J., Chung, H., & Kim, J.(2019). Directional Aiming Bias in Golf Putting, *Journal of Sports Sciences*, 37(4), 364-369.
- Chosun.com(2011). https://news.chosun.com/site/data/html_dir/2011/04/01/2011040102209.html

Comparison of putting speed and success rate according to skill level, putting position and putting section

Jin Park(Seoul Women's University, prof.) ·Sunsuk An(Ewha Womans University PH.D. Candidate)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate whether the putting position and the putting section influence the putting speed and success rate according to the skill level. The participants were 16 skilled golfers (7 men, 9 women) and 12 unskilled golfers (6 men, 6 women). The experiment was repeated 5 times with a 1.8m putting stroke on four greens (flat, back high, left high, right high). For data collection, 19 infrared cameras were used, and the speed was synchronized to 120Hz per second. Data processing is a mixture of 3 factors [2 (skill level) x 4 (putting position) x 5 (putting section)] to verify whether there is a difference in the putting speed and success rate according to the skill level, putting position, and putting section of golf. The model MANOVA (Three-factor mixed model MANOVA) method was applied. And to verify whether there is a difference in the success rate, the 2 factor [2 (skill level) x 4 (putting position)] ANOVA method was applied. The research question is, is there a difference in putting speed according to skill level, putting position, and putting section? And is there any difference in success rate according to skill level and putting position? According to the results, the average of the putting speed for each putting section was found to be the highest at 0.15m from the starting point of the ball regardless of the skill level. In addition, there was no statistically significant difference between the average of the putting speed of the unskilled group and the skilled group ($F(1, 26)=0.05$, $p=.819$, $\eta_p^2=.002$). Meanwhile, the success rate of each putting position according to the skill level was found to be higher in the skilled group than the unskilled group [$F(1, 14)=5.91$, $p=.017$, $\eta_p^2=.054$]. Although there was no statistically significant difference, the average of the success rate of the unskilled group was higher than that of the skilled group in 'Right High' [$F(1, 26)=0.15$, $p=.698$, $\eta_p^2=.006$].

Key words: putting stroke, skill level, putting position, putting velocity, success rate

논문 접수일 : 2020. 8. 9

논문 승인일 : 2020. 9. 17

논문 게재일 : 2020. 9. 30