

다이나믹 접근법을 적용한 골프 퍼팅 학습의 역동적 특성연구*

신 미 경[†]

군산대학교 스포츠과학연구센터

골프 퍼팅 학습의 역동적 특성에 대해 조사하기 위하여 다이나믹 접근법을 적용하여 편안한 상태(Comfor Mode; CM)집단과 표적(Target; TG)집단으로 나누어 다섯 회에 걸쳐 실험하였다. CM집단은 환경적 제한이 없는 상태에서 눈을 감고 편안한 상태에서 연습을 한 집단이고, TG 집단은 목표거리가 주어지고 눈을 뜬 상태에서 연습을 한 집단이다. 실험의 결과는 실험 3일째에는 CM집단이 TG집단에 비해 수행이 더 정확하였으나, 이러한 차이는 학습이 반복되면서 실험 4, 5일째에는 사라짐을 발견하였다. 또한 실험 3, 4, 5일의 수행 간에 학습효과와 차이를 발견할 수 있었으며 연습이 거듭될수록 수행이 더 정확해 짐을 알 수 있었다. 이와 함께 실험 5일째에 어트랙터가 중간거리 조건에서 짧은거리와 긴거리 조건으로 바뀌는 자기형성이 일어난 것을 발견하였다. 실험의 결과는 골프 퍼팅 학습에 다이나믹 접근법의 주장이 적용됨을 보여주고 있다.

주제어 : 다이나믹 접근법, 본질적 역동성, 요구된 역동성, 자기형성, 어트랙터, 골프 퍼팅

* 논문은 2005년도 정부재원(학술연구조성 사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음.
(KRF-2005-050-G00012)

† 교신저자 : 신미경, 군산대학교 체육학과, (573-701) 전북 군산시 미룡동 산 68번지
E-mail : smik@kunsan.ac.kr

골프 퍼팅은 행동-지각(action-perception)의 문제이다. 골프 퍼팅을 할 때 골퍼는 볼을 보내야 할 거리와 방향을 주의 깊게 관찰한 후 퍼팅을 하게 된다. 퍼팅을 한 후 골퍼는 퍼팅한 볼이 거리와 방향에 있어서 홀 컵으로부터 어느 정도 벗어났는지 관찰하여 퍼팅의 결과를 평가하게 된다. 그리고 이러한 퍼팅의 결과에 대한 지식은 그 다음 퍼팅에서 피드백으로 작용한다(신미경, 2006). 즉 퍼팅의 행동 이전에 환경에 대한 지각(perception)이 있고, 퍼팅의 행동(action)을 하고, 퍼팅을 한 후에는 행동의 결과에 대한 지각(perception)이 뒤따른다. 이렇게 행동과 지각은 시간의 흐름 속에서 계속적으로 상호 작용하며 영향을 준다(Kelso, 1994, Kugler, Kelso, & Turvey, 1980, 1982; Kugler & Turvey, 1987; Schöner & Kelso, 1988c; Turvey, 1990). 따라서 이러한 골프 퍼팅은 한 순간에 정지된 상태에서 문제를 해결하려는 정적(static)인 접근법으로는 문제를 해결하기 어려우며, 시간의 흐름과 장소의 변환이 포함된 역동적(dynamic)인 접근법으로 해결해야 한다.

다이나믹 접근법의 관점에서 볼 때 운동수행의 역동적 특성은 무엇이며 학습은 어떻게 일어나는가? 다이나믹 접근법에서는 한 기술이 요구하는 내용이 자기 자신의 선호된 상태(preferred state) 또는 편안한 상태(comfort mode)와 일치할 때 가장 기술획득이 쉽게 일어난다고 한다(Kugler & Turvey, 1987, Sim et al, 1988, Smoll, & Schutz, 1982; Sparrow, 1983; Sparrow, & Irizarry-Lopez, 1987).

편안한 상태나 선호된 상태는 유기체가 최소한의 에너지를 사용하여 편안하고 지속적이며 안정된 페이스로 운동하는 상태로 정의되며(Kugler & Turvey, 1987)). 운동 수행이 가장 안정(stable)되며, 변산성(variability)이 가장 낮으

며, 재생성(reproducibility)이 가장 높은 특징을 지닌다. 다이나믹 접근법에 의하면 고전 물리학에서 다루는 평형 상태(또는 어트랙터)가 유기체인 사람의 운동에도 적용된다고 하며 물리학의 평형상태는 유기체의 편안한 상태, 선호된 상태와 등가적인 상태라고 한다. 이러한 편안한 상태의 개념은 Kugler 와 Turvey(1987)의 손목진자 연구, Sim과 동료들(1988)의 원통 굴리기 실험, Sim, Shaw, & Turvey(1997)의 배볼의 협응 연구에 적용되어 그 실재성을 검증 받아왔다.

다이나믹 접근법에서는 운동 수행을 설명하는 기초 개념으로 본질적 역동성(intrinsic dynamics)의 개념과 함께 요구된 역동성(required dynamics)의 개념을 사용한다(Kelso, Scholz, & Schöner, 1986; Schöner & Kelso, 1988a, 1988b, 1988c; Sim, et al.,1997). 본질적 역동성은 아무런 환경적인 제약이 없는 가운데서 이루어지는 기저선(baseline) 수행을 말하며, 선호된 안정 상태에서 운동 수행이 이루어지는 경우이다. 요구된 역동성은 환경적인 제약이 주어진 가운데에서 이루어지는 운동의 수행을 말하며, 새로운 운동 수행의 학습을 위하여 훈련하는 경우가 이에 해당한다.

학습(learning)은 훈련 또는 경험의 결과로 행동, 정서, 사고의 변화가 초래되는 과정을 말한다. 따라서 학습은 그 속성상 환경의 제약에 의해 형성되는 요구된 역동성의 경우에 해당한다고 하겠다. 요구된 역동성의 상태에서 이루어지는 학습을 다이나믹 접근법에서는 어떻게 다루고 있을까?

다이나믹 접근법에서는 학습은 새로운 평형 상태(어트랙터)를 낳게 한다고 하며(Lee, Swinnen, & Verschueren, 1995; Zannon, & Kelso, 1992) 학습이 협응 다이나믹에 두 가지 변화를 가져온

다고 하였다. 하나의 변화는 본질적(intrinsic) 다이나믹 패턴과 새로이 학습하게 되는 패턴과의 사이의 경쟁이 일어난다는 것이고, 다른 하나의 변화는 본질적 패턴의 영향력이 약하여져서 새로운 어트랙터의 강도가 커지는 것을 허용하게 된다는 것이다(Lee & Swinnen, 1993; Zannon & Kelso, 1992).

Zannon과 Kelso(1992)는 다이나믹 접근법을 적용하여 학습에 대한 최초의 연구를 수행하였다. 이들은 두 검지를 반복적으로 움직이도록 하면서 시각적 메트로놈을 사용하여 두 검지 사이에 90도의 위상차(relative phase)를 유지하도록 지시하였다. 이 실험을 통하여 이들은 기존의 선호된 협응 패턴(0도, 180도 relative phase)의 경향성에도 불구하고 새로운 협응 패턴(90도 relative phase)이 생성되어지는 것을 발견하였으며, 이러한 결과에 대하여 학습은 새로운 협응 패턴이 기존의 선호된 협응 패턴의 경향성을 극복하고 나타나는 새로운 어트랙터를 이끈다는 결론을 내렸다.

또한, Zannon과 Kelso(1992)의 실험은 90도 위상차의 새로운 패턴을 학습하는 것은 기존의 협응 패턴에도 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다. 즉 처음 시작할 때에는 선호된 협응패턴인 인페이스(in-phase; 0도의 위상차)와 안티페이스(antiphase; 180도의 위상차) 패턴이 안정성과 정확성에서 우수하였지만 연습을 계속할수록 두 패턴의 안정성은, 특히 안티페이스의 경우에, 약하여져 갔다. 이러한 결과는 그들로 하여금 새로운 협응 패턴의 습득은 기존의 어트랙터가 사라지거나 또는 새로운 어트랙터가 추가되는 현상을 초래하며 이로 인하여 새로운 변환기(transition)를 맞이하게 된다는 주장을 하도록 이끌었다. 이러한 연구는 협응 학습과제를 통해서 다이나믹 이론에서

주장하는, 기존의 어트랙터가 학습과 환경의 영향으로 인하여 새로운 어트랙터로 바뀌는 현상인, 자기형성(self organization)이 일어남을 보여주고 있다(Lee et al., 1995).

자기형성은 새로운 행동의 패턴이 형성되는 현상을 말하는 것으로서, 환경적인 제약이 어떤 극적인 점(critical point)에 도달했을 때나, 환경적인 정보(information)의 영향으로 인하여 새로운 어트랙터가 형성되는 현상을 말한다. 자기형성이 일어나기 직전에는 수행이 갑자기 매우 불안정해 지는 극적인 동요(critical fluctuation)가 나타난다고 알려져 있으며, 따라서 극적인 동요는 자기형성이 일어나는 것을 예고하는 것으로 알려져 있다(Haken, 1977, 1983; Haken & Wunderlin, 1990; Kelso, 1984, 1990; Kelso et al, 1986; Kugler & Turvey, 1987; Prigogine, 1984; Schöner et al., 1986).

골프 퍼팅을 다이나믹 접근법으로 다룬 선행 연구로서는 신미경(2006)의 연구가 있다. 이 연구에 의하면 눈을 감은 상태에서 참가자에게 본인에게 편안한 상태의 퍼팅(Comfort Mode; 이후 CM), 약간 긴 퍼팅(Over Mode; 이후 OM), 편안한 퍼팅(CM), 약간 짧은 퍼팅(Under Mode; 이후 UM), 편안한 퍼팅(CM)의 순서로 실시하도록 하고 분석한 결과 CM, OM, UM사이에 유의미한 차이가 있음이 나타났으며, 세 CM들은 서로 유의미하게 다르지 않음이 나타났다. 세 CM들이 서로 다르지 않다는 결과는 골프 퍼팅에 편안한 상태가 존재함을 나타내고 있으며, 이러한 편안한 상태가 OM, UM의 교란에도 불구하고 일관성 있게 반복적으로 얻어질 수 있는 안정된 상태임을 나타낸다. 이 연구를 통하여 신미경(2006)은 골프에서의 편안한 퍼팅(CM)이 다이나믹 접근법에서 주장하는 안정된 상태인 어트랙터라고 주장하

였다.

신미경(2006)의 연구와 같이 눈을 감고 목표라인이 제시되지 않은 상태에서 아무런 환경적 제약이 없이 편안하며 자연스러운 퍼팅을 할 때 이는 본질적 역동성(intrinsic dynamics)의 경우에 해당되며, 이에 반해 목표라인이 시각적으로 제시된 경우 이것은 공간적인 환경적 제약이 주어진 요구된 역동성(required dynamics)의 경우라고 하겠다.

본 연구에서는 골프 퍼팅에서 본질적 역동성과 요구된 역동성의 특성을 비교하기 위해 환경적인 제약이 주어지지 않은 가운데 본질적 역동성이 적용되는 편안한 상태(Comfort Mode)집단과 환경적인 제약이 주어짐으로서 요구된 역동성이 적용되는 표적(Target)집단의 두 집단으로 나누어 이 두 집단의 골프 퍼팅 수행에서의 정확성과 안정성을 조사, 비교하였다. 또한 다이내믹 이론에서 주장하는 바와 같이 환경적 제약이 주어졌을 때 골프 퍼팅에서도 자기형성이 일어나는가에 대해서도 조사, 연구하였다.

본 연구의 주된 가설은 다음과 같다.

가설 1. 본질적 역동성에 근거한 CM집단이 TG집단보다 퍼팅의 정확성과 안정성의 면에서 더 우수할 것이다.

가설 2. 학습의 초기에는 중간거리 조건이 짧은거리 조건이나 긴거리 조건보다 정확성과 안정성에서 우수한 수행을 보일 것이다. 학습이 진행됨에 따라 중간거리 조건의 우수성은 사라질 것이다.

연구방법

참가자 군산대학교 체육학과 재학생 중에서 골프 퍼팅의 경험이 없는 학생들 21명(실험

첫날은 22명)을 선발하여 실시하였다. 1명의 참가자는 실험 첫날에 참여한 뒤 사고로 실험에 계속 참여하지 못했다. 이들의 평균 나이는 19.3세였으며, 무보수로 실험에 참가하였다.

기구 및 재료 바닥에 인조 잔디가 깔려져 있는 군산대 골프 연습장에 설치된 실내 퍼팅 연습장에서 실시하였다.

퍼터는 일반적으로 많이 쓰이는 퍼터인 Tour(총 길이 87cm, 그립 26.5cm, 퍼팅 면 길이 11.2cm, 중량 0.5kg) 퍼터를 사용하였다. 눈을 감은 조건에서 참가자는 눈에 안대를 착용한 상태로 실험을 실시하였으며, 실험자는 줄자를 사용하여 퍼팅한 거리를 측정하였다.

절차 편안한 상태(Comfort Mode; 이하 CM) 집단(10명)과 표적(Target; 이하 TG)집단 (11명)의 두 집단으로 나누어 1주에 한 번씩 5회에 걸쳐 실시하였다.

CM집단은 실험 첫날(이후 Day 1)에는 실험을 실시하기 전에 안정되고, 일관성 있으며, 재생성의 특징을 지니는 편안한 상태(CM)의 개념에 대해 설명하고 눈을 감은 상태에서 연습하도록 하였다. 참가자의 퍼팅이 안정되었다고 판단되면 실험을 시작하였으며 눈을 감은 상태로 편안하게 25회 퍼팅을 하도록 하였다. 실험 2일째(이후 Day 2)에는 눈을 뜨고 Day 1의 CM집단의 평균 퍼팅 거리(2.5m)를 목표거리로 제시하여 25회 퍼팅하도록 하였다. 실험3, 4, 5일째(이후 Day 3, 4, 5)에는 눈을 뜬 상태에서 짧은거리(이후 Short; 1.8m), 중간거리(이후 Middle; 3.2m), 긴거리(이후 Long; 6m)의 세 목표 거리를 제시하고 각각 15회씩 총 45회 퍼팅하도록 하였다.



그림 1. 실험의 실제 장면

TG집단은 처음부터 눈을 뜬 상태에서 퍼팅을 실시하였으며 Day 1과 Day 2에는 같은 목표거리(4m)를 각각 25회 씩 연습하였고 Day 3, 4, 5에는 CM집단과 마찬가지로 목표거리와 횟수를 시행하도록 하였다. 그림 1은 실험을 수행하고 있는 모습을 보여준다. 각 실험은 참가자 당 약 25분간 소요되었다.

변인과 실험 설계 종속변인은 수행의 정확성을 측정하기 위하여 ‘표준화한 퍼팅거리’로 선정하였으며 그 측정방법은 퍼팅 측정치와 목표거리간의 차이의 절대값을 목표거리에 대해 나누어 표준화하는 방법을 취하였다.

$$\text{표준화한 퍼팅거리} = \frac{|\text{목표거리}-\text{측정치}|}{\text{목표거리}}$$

이 표준화한 퍼팅거리는 정의된 바에 따라 그 값이 작을수록 정확함을 의미한다.

목표거리를 설정한 기준은 중간거리는 Day

1의 CM집단 평균거리인 2.5m와 TG집단의 목표거리인 4m의 평균값인 3.2m로 정하였으며, 짧은거리는 2.5m의 2/3인 1.8m, 긴거리는 4m의 3/2인 6m로 설정하였다.

실험디자인은 Day 1과 Day 2는 일원 변량분석(두 집단), Day 3, Day 4, Day 5 각각에 대해서는 이원 혼합 반복변량분석(두 집단, 세 목표거리)을 실시하였으며, 또한 Day 3, 4, 5의 자료 전체에 대해 삼원 혼합 반복변량분석(두 집단, 세 목표거리, 세 날짜)을 실시하였다. Day 3, 4, 5의 실험에서는 세거리 조건의 순서에 따른 오염변인의 효과를 없애기 위해 세거리 조건을 역균형화하여 실시하였다.

참가자가 퍼팅한 공의 위치가 사선으로 나갔을 때에는, 본 실험에서는 볼의 운동 궤적을 1차원으로 단순화시키기 위해 참가자의 퍼팅 지점과 목표지점을 이은 일직선상에 수직으로 투사한 거리로 퍼팅거리를 계산하였다.

결과 및 논의

Day 1 Day 1의 자료에 대해 일원 변량분석을 실시한 결과는 CM과 TG 두 집단에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다, $F(1, 20) = 43.606, p < .000$. CM집단($M_{CM} = 2.460m$)과 TG집단($M_{TG} = 4.124m$)의 퍼팅거리에 유의미한 차이가 있다는 결과는 외부적으로 주어진 TG집단의 목표거리인 4m가 CM집단의 눈을 감고 시행된 편안한 퍼팅거리와는 매우 차이가 있다는 것을 나타낸다고 하겠으며, 이는 TG집단의 목표거리를 편안한 퍼팅거리와는 질적으로 다른 거리로 제시하려한 의도에 부합하는 적절한 것이었음을 나타낸다고 하겠다.

CM집단의 평균 퍼팅 거리가 TG집단보다 짧은거리임에도 불구하고 CM집단의 표준편차

($SD_{CM} = .822m$)가 TG집단의 표준편차($SD_{TG} = .149m$)와 비교하여 매우 높은 것으로 나타났다. 이것은 눈을 뜨고 안 뜨고의 차이 즉 시각적 정보의 유무의 차이에서 초래된 결과라고 사료된다. 즉 눈을 감은 상태는 시각적 정보가 결여된 상태이기 때문에 이러한 상태에서의 퍼팅은 눈을 뜬 상태에서 목표를 향해 친 퍼팅보다 안정성이 낮다는 것을 결과가 말해주고 있다고 하겠다.

Day 1의 CM집단의 평균 퍼팅 거리 2.5m는 CM집단의 Day 2의 목표거리로 제시되었으며, TG집단의 목표거리는 Day 2에도 계속 4m로 제시되었다.

Day 2 CM집단(목표거리 2.5m)과 TG집단(목표거리 4m)의 퍼팅 수행의 정확성에 대해 일원 변량분석을 사용하여 비교한 결과 CM집단이 통계적으로 유의미하게 정확성이 높음을 볼 수 있었다, $F(1,19) = 6.546, p < .05$. <그

림 2>에서 볼 수 있는 바와 같이 정확성을 나타내는 변수인 표준화한 퍼팅거리의 값이 CM집단이($M_{CM} = .104$) TG집단($M_{TG} = .133$)보다 낮았고, 표준편차도 CM집단($SD_{CM} = .018$)이 TG집단($SD_{TG} = .033$)보다 낮아 CM집단의 수행이 더 정확하며, 안정성도 더 높은 것을 알 수 있었다.

안정성에 대한 이러한 결과는 Day 1의 결과와는 달라 주목된다. 즉 Day 1에서는 CM집단의 표준편차가 TG집단 보다 컸었는데 Day 2에는 오히려 TG집단의 표준편차가 더 커진 반전이 일어난 것이다. 이러한 Day 2의 결과가 의미하는 것은 본질적 역동성(intrinsic dynamics)집단이 자신의 편안한 거리로 설정된 목표에 대해 눈을 뜨고 퍼팅한 경우에는 요구된 역동성(required dynamics) 집단이 외부적으로 설정된 목표에 대해 눈을 뜨고 퍼팅한 경우보다 더 정확하며 안정성 있는 수행을 한다는 것이며, 이는 학습을 시작한 초기에 본질

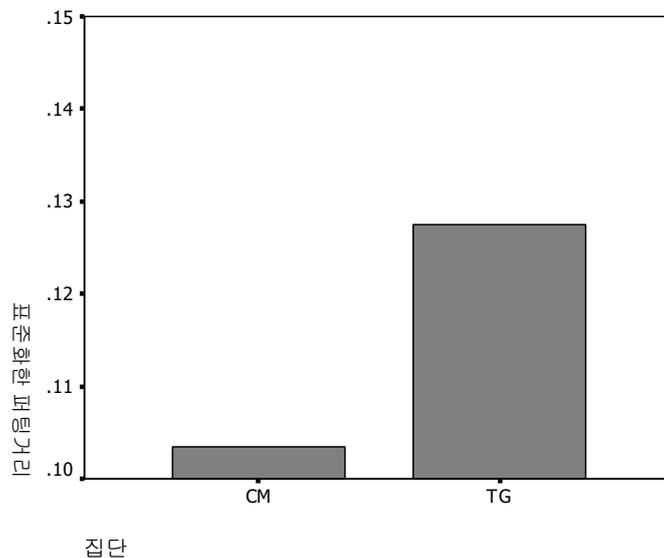


그림 2. Day 2의 CM집단과 TG집단의 표준화한 퍼팅거리

적 역동성(intrinsic dynamic)의 방법으로 연습했을 때 나타나는 수행의 우수성을 의미한다고 하겠다.

Day 3 두 집단(CM, TG)과 세거리 조건(Short, Middle, Long)에 대한 이원 혼합 반복 변량분석(2 X 3 repeated ANOVA)을 실시하였으며 반복측정은 세 목표거리에 대해 이루어졌다. 이원 변량분석의 결과는 두 집단 사이에 유의미한 차이를 나타내었다, $F(1, 19) = 6.639, p < .05$. 이러한 결과는 운동 수행에 대한 학습이 시작되는 초기에 본질적 역동성(intrinsic dynamic) 집단이 요구된 역동성(required dynamics)집단에 비해 효율적인 수행이 이루어지고 있음을 나타내고 있다고 하겠다. Short, Middle, Long의 세거리 조건은 통계적으로 유의미한 차이가 없었고, $F(2,38) = 1.257, p > .05$, 상호작용도 나타나지 않았다, $F(2,38) < 1$.

<그림 3>에서 볼 수 있듯이 세 목표거리에 대해 퍼팅하도록 한 결과 CM과 TG 두 집단 모두 Middle 거리조건(3.2m)에서 가장 정확함($M_{CM.Middle} = .122, M_{TG.Middle} = .128$)을 나타내었다. 또한 CM집단의 Middle 거리조건의 표준편차($SD_{CM.Middle} = .015$)는 다른 어느 조건보다도 가장 낮은 수준을 보여줌으로서 CM집단의 Middle 거리조건에서의 수행의 안정성이 매우 높음을 나타내고 있다 <표 1>. 이러한 결과는 Middle 거리조건(3.2m)이 본질적 역동성(intrinsic dynamics) 상태의 어트랙터(2.5m)에 근접하게 설정(close-to-attractor)됨으로 인해 나타나는 어트랙터로서의 특성이라고 볼 수 있다.

또한 CM집단은 TG집단에 비해 Short, Middle Long의 세 거리 조건 모두에서 공통적으로 높은 정확성을 나타내고 있다. 또한 CM집단 내에서는 세거리 조건이 모두 비슷한 정도의 정확성을 나타냈으나, TG집단의 수행은 Middle 조건이 Short와 Long 거리 조건에 비해 상대적

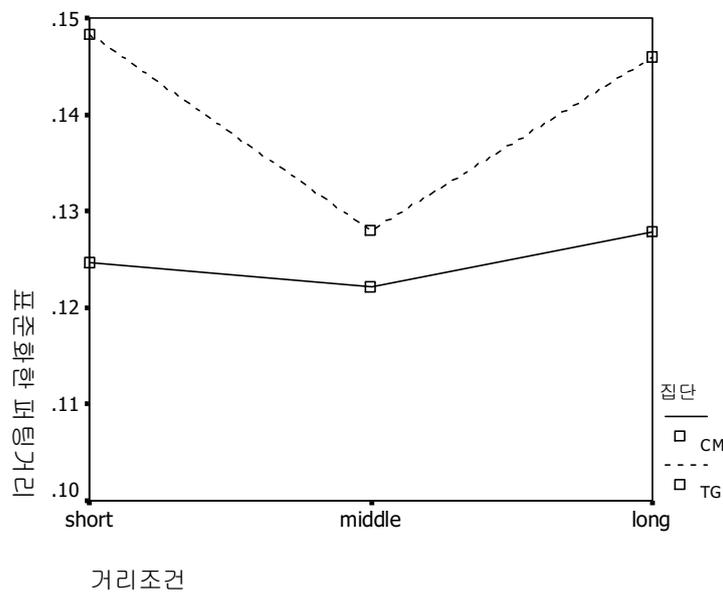


그림 3. Day 3의 두 집단의 거리조건별 표준화한 퍼팅거리

표 1. Day 3의 CM과 TG집단의 거리조건별 표준화한 퍼팅거리의 평균(M)과 표준편차(SD)

거리조건	집단 변수	CM		TG	
		M	SD	M	SD
Short		.124	.024	.148	.022
Middle		.122	.015	.128	.025
Long		.128	.032	.146	.035

으로 매우 높은 정확성을 나타내었다.

Day 4 두 집단(CM, TG)과 세거리 조건 (Short, Middle, Long)에 대한 이원 혼합 반복 변량분석(2 X 3 repeated ANOVA)을 실시하였다. 반복측정은 세 목표거리에 대해 이루어졌다. <그림 4>에 나타나듯이 Day 3과 마찬가지로 Day 4에도 두 집단 모두 Middle 거리조건이 가장 정확하였다. 그러나 세거리 조건 간에 통계적으로 유의미한 차이는 없었고, $F(2, 38) = 1.055, p > .05$, 두 집단 간에도 유의미한 차

이가 없었으며 $F(1, 19) < 1$, 상호작용도 나타나지 않았다, $F(2, 38) < 1$. Day 3에는 두 집단 간에 차이가 있었으며 CM집단이 더 정확하였으나 Day 4에 이르러 이러한 차이가 사라진 것은 학습이 진행됨에 따라 본질적 역동성 (intrinsic dynamics) 훈련 방법의 우수성이 희석되고 있는 것을 나타낸다고 볼 수 있다.

정확성에서 CM집단($M_{CM.Middle} = .113, M_{CM.Short} = .120$)은 Middle과 Short 거리조건에서는 TG 집단($M_{TG.Middle} = .124, M_{TG.Short} = .137$)에 비해, Day 3과 마찬가지로, 더 높은 수행 수준을 보여주

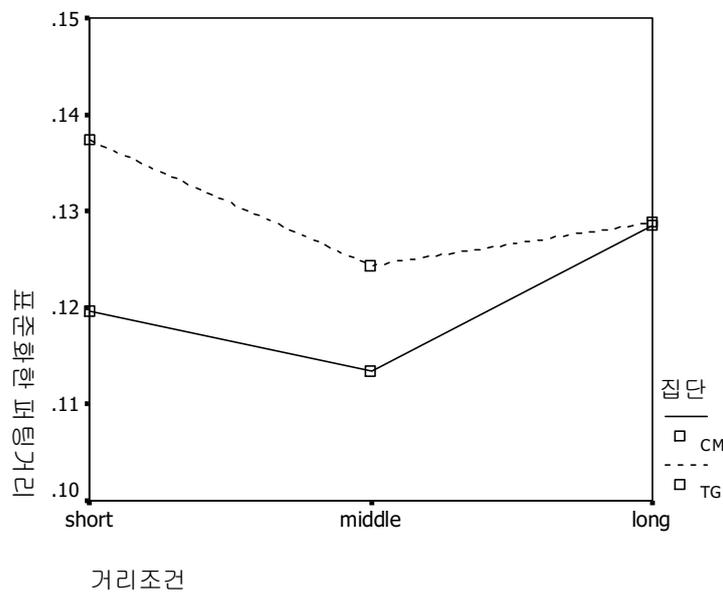


그림 4. Day 4의 두 집단의 거리조건별 표준화한 퍼팅거리

있으나 Long 조건($M_{CM,Long}=.129$, $M_{TG,Long}=.129$)에서는 TG집단과 같은 수준의 정확성을 보여주었다. 정확성에서 CM집단은 Day 3에 비하여 Middle 조건($M_{Middle}=.009$)과 Short 조건($M_{Short}=.004$)에서는 약간의 향상이 있었던 반면, Long 조건은 오히려 감소($M_{Long}=-.001$)가 나타났으나, TG집단에서는 Middle 조건($M_{Middle}=.004$)은 약간의 향상이 있었던 반면 Short($M_{Short}=.011$)와 Long 조건($M_{Long}=.017$)은 큰 향상을 보임으로서 CM집단과는 확연히 다른 경향성을 나타내었다. 이에 따라 Day 3에는 CM집단이 TG집단보다 수행이 유의미한 차이가 나도록 더 정확하였으나, Day 4에는 CM집단의 정확성은 둔화되고 TG집단은, 특히 Short와 Long 조건에서, 정확성이 CM집단에 비해 더 크게 상승되어 두 집단 간의 차이가 사라지게 된 것이라고 사료된다.

Middle 조건의 표준편차는 두 집단 모두 Day 3에 비해 Day 4에 크게 증가하여 불안정성이 높아졌음을 보여준다(SD_{CM} Day 3 = .015, Day 4 = 0.030; SD_{TG} Day 3 = .025, Day 4 = 0.035). 특히 CM집단의 표준편차는 Day 4에 두 배로 증가하였다. 두 집단 공통적으로 Short 거리조건의 표준편차는 약간의 증가가 있었으며, Long 거리조건의 표준편차는 비슷(TG집단)하거나 약간 감소(CM집단)하였다 <표 2>.

이러한 정확성과 안정성에 대한 두 결과는

함께, Lee 등(1995)이 언급한 바와 같이, 학습이 진행되면서 학습자가 새로운 수행 패턴을 발견하기 위하여 모색하고 있는 것을 나타내는 것으로 해석될 수 있으며, 또한 본질적 역동성(intrinsic dynamics) 상태의 어트랙터인 Middle 거리조건이 안정된 상태에서 불안정한 상태로 변환(transition)되고 어트랙터로서의 힘이 약화되고 있는 것으로 볼 수 있다. 나아가서 이러한 현상은 새로운 행동 패턴이 대두되는 자기형성(self organization)이 앞으로 일어난게 될 것을 예고하고 있는 것으로 해석 수 있다.

Day 5 두 집단(CM, TG)과 세거리 조건(Short, Middle, Long)에 대한 이원 혼합 반복 변량분석(2 X 3 repeated ANOVA)를 실시하였다. 반복측정은 세 목표거리에 대해 이루어졌다. Day 5의 결과는 퍼팅의 정확성에 있어서 매우 극적인 반전이 일어남을 보여준다. 즉 <그림 5>에서 볼 수 있듯이 Day 5에는 CM 집단($M_{CM,middle}=.118$)과 TG집단($M_{TG,middle}=.122$) 모두에서 공통적으로 Middle 거리조건에서 자기 집단의 Short나 Long의 거리조건보다 더 낮은 정확성을 나타내었다. 이것은 Day 3과 Day 4에서는 Middle 거리조건이 다른 거리조건보다 가장 높은 정확성을 나타낸 것을 기억할 때 경향성(trend)이 완전히 역전된 것이며 매우 상

표 2. Day 4의 CM과 TG집단의 거리조건별 표준화한 퍼팅거리의 평균(M)과 표준편차(SD)

집단		CM		TG	
거리조건	변수	M	SD	M	SD
Short		.120	.031	.137	.033
Middle		.113	.030	.124	.035
Long		.129	.026	.129	.034

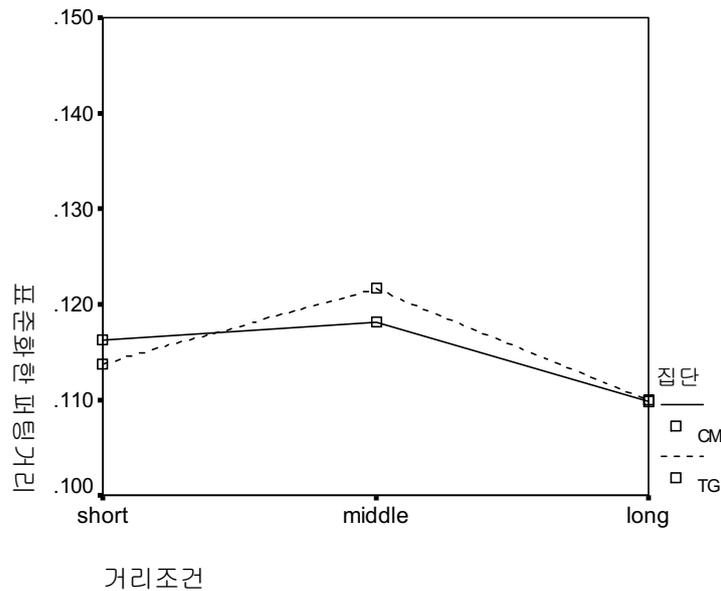


그림 5. Day 5의 두 집단의 거리조건별 표준편차 퍼팅거리

반된 현상을 보여주는 결과라고 하겠다.

Day 4와 Day 5의 두 집단의 Middle 조건에서의 정확성을 비교할 때 ($M_{CM,middle}$ Day 4 = .113, Day 5 = .118; $M_{TG,middle}$ Day 4 = .124, Day 5 = .122) TG집단은 약간의 향상이 있었던 반면 CM집단은 오히려 정확성의 하락을 보였다. Short와 Long 거리조건의 정확성은 두 집단 모두에서 매우 향상되었다($M_{CM,short}$ Day 4 = .120, Day 5 = .116; $M_{CM,long}$ Day 4 = .129, Day 5 = .110; $M_{TG,short}$ Day 4 = .137, Day 5 = .114; $M_{TG,long}$ Day 4 = .129, Day 5 = .110). 정확성 향상의 정도는 Short 거리조건에서는 CM 집단의 향상은 미미한 정도였으나 TG집단은 매우 컸으며, Long 거리조건에서는 두 집단이 비슷한 수준의 향상을 보여줌으로서 결과적으로 Day 5에 CM과 TG 두 집단은 Short와 Long의 두 목표거리 조건에서 비슷한 수준의 정확성을 보였다 <표 3>.

안정성을 나타내는 지표인 표준편차를 보면, Middle 조건에서, CM집단은 Day 5에 Day 4보다 크게 증가($SD_{CM,middle}$ Day 4 = .030, Day 5 = .043)되어 안정성이 매우 낮아졌으나, TG집단은 Day 4보다 동요가 증가되지 않고 약간의 감소($SD_{TG,middle}$ Day 4 = .035; Day 5 = .032)를 나타냄으로서 CM집단과 비교하여 안정성이 더 높아지는 역전의 현상을 나타내었다. Day 4에 비교하여 Day 5의 Short 거리조건($SD_{CM,short}$ Day 4 = .031, Day 5 = .027; $SD_{TG,short}$ Day 4 = .033, Day 5 = .028)과 Long 거리조건($SD_{CM,long}$ Day 4 = .026, Day 5 = .022; $SD_{TG,long}$ Day 4 = .034, Day 5 = .029)의 표준편차는 두 집단 모두에서 대체로 감소됨을 보여주었다 <표 3>.

Day 5의 결과는 두 집단 공통적으로 학습이 계속 진행됨에 따라 Short와 Long 거리조건의 정확성이 향상되고 안정성도 증가되었으며,

표 3. Day 5의 CM과 TG집단의 거리조건별 표준화한 퍼팅거리의 평균(M)과 표준편차(SD)

거리조건 \ 변수	집단		CM		TG	
	M	SD	M	SD	M	SD
Short	.116	.027	.114	.028		
Middle	.118	.043	.122	.032		
Long	.110	.022	.110	.029		

특히 TG집단의 정확성은 크게 향상되었음을 나타낸다. 그러나 유독 CM집단은 Middle 거리 조건에서 정확성이 하락하였고, 특히 안정성에 있어서는 유독 커다란 저하를 보였다. 이러한 결과는 Day 5에 새로운 어트랙터(Short, Long)의 출현으로 기존의 어트랙터(Middle)는 정확성과 안정성을 잃어 어트랙터로서의 영향력을 잃고 불안정한 상태로 되며, 반대로 새로이 형성된 어트랙터는 영향력이 커지며 정확성과 안정성을 얻게 되는 ‘분기(bifurcation)’의 현상으로 볼 수 있다고 하겠다.

이원 혼합 반복 변량분석의 결과는 거리조건 간에 유의미한 차이가 없었으며, $F(2, 38) < 1$, 집단의 차이도 나타나지 않았고, $F(1, 19) < 1$, 상호작용 효과도 나타나지 않았다, $F(2, 38) < 1$.

Day 3, 4, 5의 통합적 분석 집단 X 거리조건 X 날짜의 삼원 혼합 반복 변량분석(2 X 3 X 3 repeated ANOVA)이 이루어졌으며 이 중 세 목표거리 와 날짜에 대해서 반복측정이 이루어졌다. 변량분석의 결과 날짜(Day)에 유의미한 차이, $F(2, 38) = 6.532, p < .01$,가 나타남으로서 Day 3, 4, 5의 반복적인 훈련을 거치면서 수행의 정확도가 점점 향상되었음을 보여준다. 즉 정확성을 나타내는 변수인 표준화한 퍼팅거리가 Day 3(M = .133), Day 4(M

=.125), Day(M = .115) 순으로 낮아져 연습이 진전됨에 따라 정확성이 높아진 것을 알 수 있었다.

표준편차는 Day 3(SD=.026), Day 4(SD=.032), Day 5(SD=.030) 순으로 Day 3의 안정성이 가장 높았으며, Day 4의 안정성은 가장 낮았음을 알 수 있다. 날짜 간에 안정성의 면에서 큰 차이는 없었지만 연습을 반복하면서 동요가 오히려 심해져 안정성이 낮아졌다가(Day 4) 다시 안정되는 모습(Day 5)을 보여주었다.

변량분석의 결과 날짜의 변수에 대해 유의미한 차이가 나타나므로 이에 대한 post hoc 검사(Tukey HSD)를 시행한 결과 Day 3과 Day 5에 통계적으로 유의한 차이가 있음이 나타났다. 즉 Day 4까지는 유의미한 차이가 없었으나 반복적으로 연습하는 과정에서 Day 5에 이르러 Day 3과 차별되는 학습의 효과가 나타나며 정확성이 크게 향상된 것이라고 생각할 수 있다.

가설 1에서 제기한 CM집단의 우수성은 나타나지 않았다. 즉 CM과 TG 두 집단은 통계적으로 차이가 없음이 나타났다, $F(1, 19) = 1.592, p > .05$. Day 3에는 두 집단 간에 차이가 있었으나 반복된 훈련으로 인하여 새로운 환경에 대한 학습 효과가 일어나 Day 4, Day 5에 두 집단 간에 차이가 사라짐으로서 나타난 결과라고 하겠으며, 따라서 이러한 결과

자체로서 의미가 있는 결과라고 하겠다.

거리조건, $F(2, 38) < 1$, 간에는 유의미한 차이가 없음이 나타났다. 표준화한 퍼팅거리와 표준편차의 자료를 살펴볼 때 이는 F값을 구성하는 분자인 처리평균제곱(treatment mean square)의 값이 작은 것에 기인한 것이라기보다는 분모인 평균제곱오차(error mean square)의 값이 커서 결과적으로 F값이 작아져 유의미한 차이가 나지 못한 것으로 사료된다. 따라서 앞으로 본 실험과 같은 종류의 연구를 할 때에는 실험을 시작하기에 앞서 연습시간을 충분히 가짐으로서 참가자로 하여금 실험의 준비태세를 좀 더 충실하게 갖추도록 하는 것이 효과적이라 생각된다.

결론 및 제언

가설 2에서 학습의 초기에는 Middle 조건이 Short나 Long 조건보다 우수한 수행을 보일 것이나 학습이 진행됨에 따라 Middle 조건의 우수성은 사라질 것이라는 가정을 제시했는데 이러한 가설은 정성적으로 지지되었다. 즉 본 연구는 골프 퍼팅의 학습을 통하여 다이나믹 접근법에서 주장하는, 기존의 어트랙터가 학습과 환경의 영향으로 인하여 새로운 어트랙터로 바뀌는 현상인, 자기형성(self organization)의 현상을 나타내 보여주고 있다.

자기형성이 일어나게 되는 중요한 조건은 동요(fluctuation)이다. 작은 동요는 그 규모가 작을 경우에는 차이를 주지 못하지만 그 규모가 점점 커지면서 극적인 점(critical point)에 이르면 분기(bifurcation)가 일어나며 새로운 어트랙터가 형성되어 기존의 행동 패턴 자체를 바꾸어 놓을 수도 있다(Haken, 1977, 1983; Haken & Wunderlin, 1990; Kelso et al, 1986; Kugler &

Turvey, 1987). 본 연구의 경우에 동요를 일으키는 요인은 외부적으로 제시된 세 가지의 퍼팅 목표거리이다. 이 목표거리를 향해서 정확한 퍼팅을 하려고 하는 것은 동요를 발생시키는 원인이 되었다고 보인다. Middle은 세 목표거리 중 가장 편안하며 어트랙터에 상태에 근접한(close-to-attractor) 조건으로 동요를 적게 일으키는 퍼팅 거리이며, 이에 반해 Short와 Long 목표거리는 편안하지 못하며, 어트랙터에서 멀리 떨어져 있으며(far from attractor), 동요를 크게 일으키는 환경 조건이다. 반복적인 수행으로 인하여 이러한 Short와 Long 목표거리에 대한 동요의 강도가 점점 커지게 되었으며, 이 점증된 동요의 결과로 인하여 가장 정확성과 안정성이 높은 거리조건이 Middle 조건에서 Short와 Long 조건으로 바뀌며 자기형성으로 볼 수 있는 결과가 초래됨을 볼 수 있었다. 특히 Day 4의 Middle 거리조건에서의 표준편차의 큰 증가는 극적인 동요와 같은 경향을 보이는 것이라고 할 수 있다.

이러한 자기형성 현상은 CM과 TG 두 집단에서 모두 일어났으며, 이렇게 하나의 어트랙터가 두 개의 새로운 어트랙터로 바뀌는 분기(bifurcation) 현상이 이 두 집단에서 함께 일어났다는 결과는 이 현상이 어쩌다가 우연히 일어난 것이 아니라 그 만큼 안정적으로 일어났다는 것을 의미한다.

본 실험에서 얻어진 또 하나의 발견은 Day 3에는 본질적 역동성(intrinsic dynamics)의 CM집단이 요구된 역동성(required dynamic) 집단인 TG집단보다 정확성이 높았으나 Day 4, Day 5에는 차이를 보이지 못했다는 사실이다. 이러한 결과는 본질적 역동성 집단이 학습 초기에는 뛰어나고 효과적이거나 학습이 진행될수록 점점 우수성이 사라지고 요구된 역동성 집단

과의 차이도 없어짐을 보여준다고 하겠다. 즉 유기체는 환경에의 적응이 탁월하여 쉽게 적응하며 새로운 목표를 세웠을 때 이를 달성하는 데에 어려움이 오래 지속되지 않고 문제를 해결하게 됨을 보여준다고 하겠다.

본 연구에서는 세 목표 거리 간에는 통계적으로는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 본 연구는 골프 퍼팅의 학습에서 다이내믹 이론에서 주장하는 자기형성의 현상이 나타남을 보여줌으로서 정성적인 연구로서 그 의미가 있다고 하겠으며 운동 수행에서 다이내믹 이론이 적용되는 모델케이스로서의 의미가 있다고 사료된다.

참고문헌

- 신미경 (2006). 다이내믹 접근법을 적용한 골프 퍼팅 분석. *한국스포츠리서치*, 17(5), 205-214.
- Haken, H. (1977). *Synergetics*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Haken, H. (1983). *Advanced synergetics*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Haken, H. & Wunderlin, A. (1990). Synergetics and its paradigm of self-organization in biological systems. In H. T. A. Whiting, O. G. Meijer & P. C. W. Wieringen (Eds.), *The Natural Physical Approach to Movement Control*. 1-36.
- Kelso, J. A. S. (1984). Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology: Regulatory, integrative and Comparative Physiology*, 15: R1000-R1004
- Kelso, J. A. S. (1990). Phase transitions: Foundation of behavior. In H. Haken & M. Stadler (Eds.), *Synergetics of cognition*. Berlin: Springer-Verlag, 249-268.
- Kelso, J. A. S. (1994). Elementary coordination dynamics. In S. Swinnen, H. Heuer, J. Massion, & P. Casaer (Eds.), *Interlimb coordination: Neural, Dynamical, and cognitive constraints* (pp. 301-318). Amsterdam: Elsevier.
- Kelso, J. A. S., Scholz, J. P., & Schönner, G. (1986). Nonlinear phase transitions in coordinated biological motion: critical fluctuation, *Physics letter A*, 118(6), 279-284.
- Kugler, P. N., Kelso, J. A. S., & Turvey, M. T. (1982). On the control of naturally developing systems. In J. A. S. Kelso & J.E. Clark (Eds.), *The development of movement control and coordination* (pp. 5-78). New York: Wiley.
- Kugler, P. N., & Turvey, M. T. (1987). *Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lee, T. D., & Swinnen, S. P. (1993). Three legacies of Bryan and Harter: Automaticity, variability and change in skilled performance. In J. L. Starkes & Allard (Eds.), *Cognitive issues in motor expertise* (pp. 295-315). Amsterdam: Elsevier.
- Lee, T., Swinnen, S. & Verschueren, S. (1995). Relative phase alterations during bimanual skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 27 (3), 263-274.
- Prigogine, I. & Stenger, I. (1984). *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. New York, NY; Bantam books.

- Schöner, G., Haken, H., & Kelso, J. A. S. (1986). A stochastic theory of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics*, 53, 247-257.
- Schöner, G., & Kelso, J. A. S. (1988a). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination: I. Relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, 58, 71-80.
- Schöner, G., & Kelso, J. A. S. (1988b). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination: II. Component oscillator dynamics. *Biological Cybernetics*, 58, 81-89.
- Schöner, G. & Kelso, J. A. S. (1988c). Dynamical patterns of biological coordination: Theoretical strategy and new results. In J. A. S. Kelso, A.J. Mandell, & M.F. Schlesinger (Eds.), *Dynamic patterns in complex systems* (pp. 77-102). Singapore: World Scientific.
- Sim, M., Shaw, R. E., & Turvey, M. T. (1997). Intrinsic and required dynamics of a simple bat-ball skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1, 101-115.
- Sim, M., Sullivan, J., Shaw, R. E., & Carello, Claudia (1988). A comfort mode analysis of a simple accuracy skill. *Paw Review*, 3 (2), 35-38.
- Smoll, F. L., & Schutz, R. W. (1982). Accuracy of rhythmic motor behavior in response to preferred and non-preferred tempos. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 123-138.
- Sparrow, W. A. (1983). The efficiency of skilled behavior. *Journal of Motor Behavior*, 15, 237-261.
- Sparrow, W. A., & Irizarry-Lopez, V. M. (1987). Mechanical efficiencies and metabolic cost as measures of learning a novel gross motor task.. *Journal of Motor Behavior*, 19, 240-264.
- Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American psychologist*, 45, 938-953.
- Zannon, P. & Kelso, J. A. S. (1992). Evolution of behavioral attractors with learning: Nonequilibrium phase transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 403-421.

1 차원고접수 : 2006. 11. 27

최종게재결정 : 2007. 3. 21

A Study of Dynamical Characteristics on Learning of the Golf Putting Using Dynamic Approach

Mikyong Sim

Kunsan National University, Sports Science Research Center

For investigating the dynamic characteristics in learning of the golf putting, the present experiment was conducted from the perspective of the dynamic approach. At Day 1, CM group was instructed to practice putting comfortably under no environmental constraints with their eyes closed(intrinsic dynamics), and TG group was instructed to practice putting under the environmental constraints with their eyes open(required dynamics). The results showed that at Day 3, CM group was more accurate than TG group, however, this difference was vanished at Day 4, and Day 5 with increased practices. Also, there was the learning effect between Days, hence, the performance became more accurate at Day 5. The results, also, showed that at Day 5, the attractor state was changed from the Middle distance condition to the Short, and the Long distance conditions, therefore, indicated the phenomenon of 'self organization'. In sum, the dynamic characteristics in learning of the golf putting was well explained by the dynamic approach.

Keywords : dynamic approach, intrinsic dynamics, required dynamics, self organization, attractor, golf putting