

Effects of Participation in Contact Sports on Neurocognitive Scores and Dual-Task Walking in Retired Athletes

접촉스포츠 참여가 은퇴 선수의 신경인지 점수와 이중과제 보행에 미치는 영향

Sunghe Ha^{1,2}

¹Department of Physical Education, College of Sciences in Education, Yonsei University, Seoul, South Korea

²International Olympic Committee Research Centre KOREA, Yonsei University, Seoul, South Korea

Received : 10 August 2020

Revised : 23 September 2020

Accepted : 24 September 2020

Corresponding Author

Sunghe Ha

Department of Physical Education, College of Sciences in Education, Yonsei University, #103 Sports Science complex, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, South Korea
Tel : +82-2-2123-8139
Fax : +82-2-2123-8375
Email : sunghe.ha@yonsei.ac.kr

Objective: The aim of this study was to investigate the effect of participation in contact sports on neurocognitive scores, dual-task walking velocity, and cognitive costs in retired athletes.

Method: Forty-four retired athletes (mean age = 26.4±5.5 yrs) and thirty-eight controls (mean age = 26.1±4.9 yrs) participated in this study. Neurocognitive score was collected using computerized neurocognitive testing using RehaCom. Gait velocity was collected one single task, four dual-tasks, and two multi-tasks using Optogait. Mann-Whitney U test was performed to compare differences in cognitive scores among groups. A mixed-design two-way ANOVA and Bonferroni posthoc test were used to assess the effect of group and walking tasks for each condition.

Results: The auditory divided attention of neurocognitive score of retired athletes was higher than the control group ($p < 0.05$). No statistical differences were observed in the other neurocognitive scores between groups. The changes in walking velocity and cognitive costs according to the dual-task walking tests differed between the two groups ($p < 0.05$).

Conclusion: Although participation in contact sports did not affect the neurocognitive results of retired athletes, it could be confirmed that the reduction in walking velocity and an increase in cognitive costs during dual-task walking. Rather than observing only neurocognitive scores as a single evaluation item for cognitive evaluation of retired athletes in relation to daily life, the application of the dual-task gait test may provide useful information.

Keywords: Cognitive impairment, Concussion, Former athletes, Gait, Impact

INTRODUCTION

접촉 스포츠에 참여하는 선수의 대부분은 접촉성 충격에 노출되어 있으며 특히 경쟁 상황에서는 그 충격이 최고 수준에 이르게 된다(Kiernan, Montenigro, Solomon & McKee, 2015; Seifert & Shipman, 2015). 대표적인 접촉은 상대 선수와의 몸싸움, 장비, 넘어짐 등에 의해 발생되며 뇌진탕을 야기하는 수준 보다 작은 충격(sub-concussion)부터 뇌진탕을 발생시키는

충격이 빈번히 나타난다(Broglio et al., 2011). 엘리트 선수의 경우 유소년기부터 은퇴할 때까지 이러한 충격에 지속적으로 노출되어 장기간 인지기능(Gavett, Stern & McKee, 2011; Kiernan et al., 2015; McKee et al., 2009; McKee, Stern, Nowinski, Gavett & Cantu, 2009; McKee et al., 2013)과 운동조절(Cross, Kemp, Smith, Trewartha & Stokes, K., 2016; Herman et al., 2017; Lynall et al., 2017; Martini et al., 2011)에 영향을 미치는 것으로 보고된다. 선행연구에 의하면 은퇴한 축구선수 집단의 81%에서 경증 신

경인지 장애부터 중증 장애까지 보고되었고(Matser, Kessels, Jordan, Lezak & Troost, 1998; Petersen et al., 2005), 이러한 인지 장애는 일상생활을 영위함에 있어 문제를 발생시킬 뿐만 아니라 악화되는 경우 치매에 이르는 것으로 보고된다(Tysvaer & Lochen, 1991; Willer et al., 2018).

인지기능을 평가하는 방법은 전산화된 신경인지검사 뿐만 아니라 이중과제 보행검사도 널리 사용되고 있다. 이중과제 보행검사는 걷는 것과 동시에 다른 활동을 수행하는 것으로 이동성(mobility)과 인지의 상호작용을 평가하는 전형적인 방법이다(Montero-Odasso, Verghese, Beauchet & Hausdorff, 2012). 보행은 자세 안정성을 유지하기 위해 여러 시스템의 정보를 통합 및 처리하는 복잡한 이동기술이며, 인지는 정상적인 보행 조절에 중요한 역할을 한다(Yogev-Seligmann, Hausdorff & Giladi, 2008). 보행 중 다른 과제를 동시에 수행한다면 인지는 보행만 할 때 보다 더 많은 능력이 요구될 것이며 만약 개인의 인지 능력보다 높은 인지가 요구되는 과제를 동시에 수행해야 하는 경우에는 보행 능력이 감소되거나 수행 과제를 잘 해결하지 못하게 될 수 있다(Snijders, Van De Warrenburg, Giladi & Bloem, 2007; Yogev-Seligmann et al., 2008).

이중과제 보행검사에서 인지부하의 증가는 보행전략의 변화를 가져오는데 보행속도의 감소가 대표적이다(van Iersel, Hoefsloot, Munneke, Bloem & Rikkert, 2004). 인지의 집중력 영역에서의 과제 수행에 필요한 집중력과 보행 시 필요한 집중력의 분배가 영향을 미치기 때문이다(Montero-Odasso et al., 2012). 건강한 성인에서도 인지부하로 인해 이중과제 보행 동안 보행속도의 감소가 나타날 수 있으며(Canning, Ada & Paul, 2006), 보행속도와 보행속도의 변화에 따른 인지비용은 인지 조절 능력 및 인지 저하를 평가하기 위한 변인으로 이용되고 있다(Woollacott & Shumway-Cook, 2002).

엘리트 운동 선수는 한창 경제활동을 해야 하는 20~30대에 은퇴를 하게 되는데(Lee, 2008) 인지 장애뿐만 아니라 부상경험으로 인한 건강 관련 삶의 질이 떨어지는 것으로 보고된다(Lee, Jeon, Lee & Ha, 2020). 그러나 국내 은퇴 선수 관련 연구는 스포츠 뇌진탕의 장기적인 영향(Cunningham, Broglio, O'Grady & Wilson, 2020), 심혈관 건강(McHugh, Hind, Davey, & Wilson, 2019), 약물사용과 정신건강(Mannes, Dunne, Ferguson, Cottler & Ennis, 2020), 정신건강 및 장애(Gouttebauge et al., 2019) 등 은퇴 후 건강에 대한 국외 연구와 달리 은퇴 후 적응(48.2%), 은퇴 선수 지원방안(28.5%), 은퇴 원인과 인지(19.6%) 등에 국한되어 있다(Kim & Chang, 2019). 은퇴 후 삶에 영향을 미치는 선수 건강에 관한 연구는 미비하며 인지 장애와 관련된 연구는 대부분 노인에게 집중되어 있어 은퇴 선수에 관한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구의 목적은 접촉 스포츠에 참여한 은퇴선수 집단과 일반인 집단 간 신경인지점수와 이중과제 보행 시 보행속도 및 인지비용을 비교하는 것이다.

본 연구의 가설은 다음과 같다: 1) 은퇴선수 집단의 인지점수는 일반인 집단에 비해 낮게 나타날 것이며, 2) 이중과제 보행 시 은퇴선수 집단의 보행속도가 일반인 집단에 비해 모두 느리게 나타날 것이며, 3) 이중과제 보행 시 은퇴선수 집단이 일반인 집단에 비해 인지비용이 높게 발생할 것이다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구대상자는 은퇴한 엘리트 선수 44명(연령: 26.4±5.2 yrs, 신장: 174.8±8.8 cm, 체중: 75.1±15.0 kg, BMI: 24.4±3.1 kg/m², 선수경력: 11.5±4.2 yrs)과 일반인 38명(연령: 26.1±4.9 yrs, 신장: 170.1±7.5 cm, 체중: 65.5±13.2 kg, BMI: 22.5±3.3 kg/m²)이 참여하였다. 은퇴선수 집단은 경기장에 네트가 없는 종목에 참여한 자로 선정하였다. 축구 17명, 태권도 12명, 농구 5명, 핸드볼 5명, 야구 2명, 럭비 1명, 아이스하키 2명. 모든 대상자는 최근 6개월 내 하지 손상을 경험하지 않은 정상 보행이 가능한 대상으로 선정하였다. 일반인 집단은 뇌진탕 과거력이 없는 자로 선정하였다. 대상자 선정의 제외기준은 하지관절에 인공관절 치환술을 받은 자와 관절염으로 정상 보행이 어려운 자는 두 집단 모두에서 제외되었다. 모든 피험자들은 실험에 참여하기 전, 실험과정에 대한 설명을 듣고 자발적으로 참여 의사를 밝힌 후 동의서에 서명하였다. 본 연구는 해당기관의 연구윤리위원회의 승인 후 진행되었다(IRB 승인번호: 7001988-201912-HR-782-03).

2. 연구절차

본 연구 대상자들의 신경인지 수준을 평가하기 위해 RehaCom 소프트웨어 6.8.0.0 버전을 사용하였다(HASOMED, Germany). 평가 시 외부 환경적 영향을 배제하기 위해 독립된 공간에서 실시하였고 각 항목에 대한 자세한 설명과 연습 후 진행되었다. 전산화된 신경인지검사는 크게 주의력(attention)과 기억력(memory)에 대한 부분을 평가하며 하위항목으로는 공간적 숫자 찾기(spatial numbers search), 선택적 주의력(selective attention-response control), 분리적 주의력(divided attention), 작업 기억력(working memory and orientation), 언어 학습(memory for words)으로 구성되었다. 공간적 숫자 찾기는 기본적인 인지 수행속도와 선택적 주의를 평가하는 항목으로 대상자는 화면에 제시되는 1에서 24까지의 숫자를 순서대로 선택하는 과제이다. 찾아야 하는 다음 숫자는 화면 하단부에 표시되며 가능한 빠르게 찾아서 누르도록 요구된다. 선택적 주의력은 적절한 자극에 빠르게 반응하는 능력을 평가하며 다양한 도형이 무작위로 화면에 나타났을 때 가로줄 도형이 나타

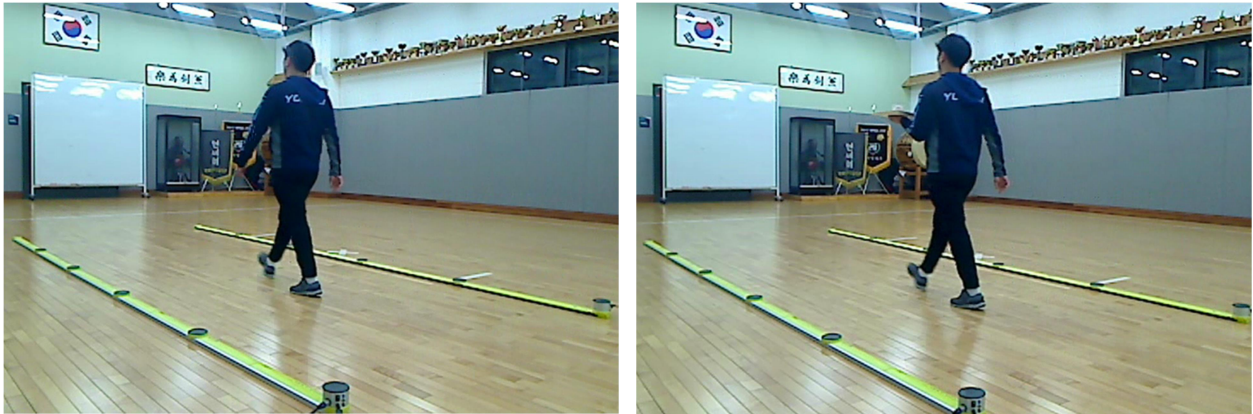


Figure 1. Experimental setting & dual-task gait testing. Left: single task, Right: motor task.

날 때만 최대한 빨리 OK 버튼을 누르는 과제로 2분 간 진행 된다. *분리적 주의력*은 단기간에 여러 작업이나 활동에 동시에 주의를 기울이는 능력을 검사하는 과제이다. 시각적 자극에는 완전하지 않은 원으로 구성된 화면이 나왔을 때 최대한 빠르게 OK 버튼을 누르고 청각적 자극에는 높은 음 혹은 낮은 음이 연속으로 두 번 들릴 때 OK 버튼은 최대한 빠르게 눌러야 한다. *작업 기억력*은 빨간색으로 깜빡이는 점의 위치를 기억했다가 순서대로 누르는 과제이다. 7분 간 진행되며 연속으로 두 번 실패할 경우 종료된다. *단어기억*은 단어를 나열하여 기억하게 하고 이후 형태가 유사한 단어 및 관련없는 단어와 구분하여 선택하면 된다. OK 버튼의 조작은 주동측 손으로 수행하였다.

이중과제 보행검사를 위해 대상자는 본인의 운동화를 착용하고 5분 간의 준비운동과 걷기 연습 3회를 실시하였다. 대상자는 단일과제(single-task, ST)로 선호속도 걷기와 이중과제(dual-task, DT)로 집중과제 걷기, 언어과제 걷기, 운동과제 걷기, 복합과제 걷기를 9 m 주로에서 실시하였다(Hunter, Divine, Frengopoulos & Odasso, 2018; Montero-Odasso et al., 2009). 가속과 감속 구간을 주로의 전, 후 각 2 m로 설정하고 구간 내 5 m에서 보행속도를 측정하였다(Optogait, Microgate, Italy; Figure 1 참조). 보행속도를 측정하는 5 m 구간에 걸쳐 Optogait의 송신바(transmitting bar)와 수신바(receiving bar)를 평행하게 배치하였으며, 1개의 바는 1 m이며 약 1 cm 간격으로 바닥에서 3 mm 위에 위치한 96개의 발광 다이오드(light-emitting)를 포함하고 있다(Lienhard, Schneider & Maffioletti, 2013). 샘플링율(sampling rate)은 1,000 Hz로 설정하였다. *선호속도 걷기*는 평소에 걷는 속도로 걷도록 하였다. *집중과제 걷기*는 빨섬을 하며 걷는 과제로서 100 이하 숫자에서 7 (DT-7)과 1 (DT-1)을 연속적으로 빼며 걷게 하였다. *언어과제 걷기* (DT-animal)는 동일한 특징을 갖고 있는 동물 이름을 제시하며

걷도록 하였다. 네발로 걷는 동물, 날아서 이동하는 동물, 곤충. *운동과제 걷기*(DT-motor)는 주동측 손바닥 위에 물잔이 있는 쟁반을 들고 걷도록 하였고 물을 흘리면 실패로 처리하였다. *복합과제 걷기*(multi-task, MT)는 집중과제와 운동과제를 동시에 수행하도록 하였다. 이중과제 수행은 무작위 순으로 실시하였으며 다른 대상자와 분리된 공간에서 실시하였다.

3. 자료처리

전산화된 신경인지검사 결과는 하위항목의 세부항목을 Z 점수로 수집하여 집단을 구성하는 대상자 간 연령의 차이에 대한 영향을 배제하였다. 점수는 0점을 기준으로 값이 클수록 좋은 것으로 해석된다. 각 검사 하위항목에 대한 세부항목은 선택적 주의력-반응시간(reaction time), 선택적 주의력-반응조절(response control), 분리적 주의력-청각적 분리주의(auditory divided attention), 분리적 주의력-시각적 분리주의(visual divided attention), 공간적 숫자 찾기-작업속도(working speed), 단어기억-언어학습능력(verbal memory), 작업 기억력-기억범위(working memory)로 제시되었다.

보행검사는 모든 과제를 각 3회씩 실시하여 10보장(strides)의 평균값으로 보행속도(단위: m/s)를 산출하였다. 이후 이중과제 보행 동안 감소된 보행속도를 백분율로 표기하여 인지비용(cognitive costs; 단위: %)을 아래와 같이 Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA)에서 산출하였다(Hunter et al., 2018). 인지비용의 증가는 인지부하의 증가를 의미한다.

$$\text{Cognitive Costs (\%)} = \left(\frac{\text{gait velocity}_{\text{single-task}} - \text{gait velocity}_{\text{dual-task}}}{\text{gait velocity}_{\text{single-task}}} \right) \times 100\%$$

Table 1. Differences in cognitive scores between retired athletes (n=44) and control group (n=38)

Categories	Subcategories	Variables	Retired athletes (Mean rank)	Controls (Mean rank)	Z	p-value
Attention	Selective attention	Reaction time	-1.35±0.87 (37.16)	-0.97±0.73 (46.53)	-1.776	0.076
		Response control	0.22±0.64 (43.72)	0.11±0.71 (38.93)	-0.907	0.364
	Divided attention	Auditory	0.27±0.35 (47.42)	0.26±0.31 (34.64)	-2.437	0.015*
		Visual	0.30±0.16 (44.81)	0.25±0.05 (37.67)	-1.357	0.175
	Spatial numbers search	Working speed	0.06±0.63 (39.07)	0.14±0.77 (44.32)	-0.995	0.320
Memory	Memory for words	Verbal memory	0.35±0.64 (38.76)	0.51±0.51 (44.67)	-1.121	0.262
	Working memory	Working memory	0.90±1.09 (40.72)	0.97±1.25 (42.41)	0.748	0.748

Values are expressed as mean ± standard deviation. * $p < 0.05$

4. 통계처리

은퇴선수 집단과 일반인 집단 간 신경인지점수 차이는 Mann-Whitney U 검정을 실시하였다. 집단에 따라 이중과제 보행속도와 이중과제 보행 시 발생한 인지비용 차이 여부를 검증하기 위해 혼합설계 이원분산분석(mixed design two-way ANOVA)을 실시하였고 사후분석은 Bonferroni adjustment를 사용하였다. 본 연구의 통계처리는 SPSS 25 (IBM SPSS Statistics, USA)을 사용하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

RESULTS

1. 은퇴선수 집단과 일반인 집단 간 신경인지점수 차이

집중력 변인 내 청각적 분리주의 점수는 은퇴선수 집단과 일반인 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 은퇴선수 집단의 평균 순위가 일반인 집단에 비해 높게 관찰되었다 (Table 1 참조). 그 외 집중력과 기억력과 관련된 신경인지점수는 집단 간 유의한 차이가 발견되지 않았다($p > 0.05$; Table 1 참조).

2. 은퇴선수 집단과 일반인 집단 간 이중과제 보행속도 차이

이중과제 보행속도에 대한 집단($F_{(1,80)} = 6.706, \eta^2 = 0.077$)과 과제($F_{(3,31,250,24)} = 66.727, \eta^2 = 0.455$)의 주효과와 집단 × 과제

상호작용($F_{(3,31,250,24)} = 3.527, \eta^2 = 0.042$)는 통계적으로 유의하게 나타났다(Table 2 참조). 사후검증을 통해 나타난 집단 간 짝비교(pair-wise comparison)에서 은퇴선수 집단의 DT-1 ($M_{diff} = -0.133, SE = 0.038$), DT-animal ($M_{diff} = -0.103, SE = 0.045$), DT-7 ($M_{diff} = -0.151, SE = 0.041$), MT-7 ($M_{diff} = -0.099, SE = 0.045$) 보행속도가 일반인 집단에 비해 유의하게 느린 것으로 관찰되었다. 또한 사후검증을 통한 은퇴선수 집단 내 ST 보행속도와 DT-motor ($M_{diff} = 0.115, SE = 0.019, p < 0.001$), DT-1 ($M_{diff} = 0.146, SE = 0.021, p < 0.001$), MT-1 ($M_{diff} = 0.159, SE = 0.020, p < 0.001$), DT-animal ($M_{diff} = 0.244, SE = 0.027, p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = 0.267, SE = 0.030, p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = 0.263, SE = 0.026, p < 0.001$) 간 각각 유의한 차이가 나타났고, DT-motor 보행속도는 DT-animal ($M_{diff} = 0.129, SE = 0.024, p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = 0.152, SE = 0.026, p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = 0.148, SE = 0.020, p < 0.001$)과 통계적 차이가 각각 나타났다. DT-1 보행속도는 DT-animal ($M_{diff} = 0.098, SE = 0.014, p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = 0.121, SE = 0.017, p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = 0.117, SE = 0.017, p < 0.001$)과 차이가 각각 관찰되었고, MT-1 보행속도는 DT-animal ($M_{diff} = 0.084, SE = 0.017, p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = 0.107, SE = 0.020, p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = 0.104, SE = 0.013, p < 0.001$)과 유의한 차이가 발견되었다. 일반인 집단 내 ST 보행속도와 DT-motor ($M_{diff} = 0.110, SE = 0.021, p < 0.001$), MT-1 ($M_{diff} = 0.150, SE = 0.021, p < 0.001$), DT-animal ($M_{diff} = 0.193, SE = 0.030, p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = 0.168, SE = 0.032, p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = 0.216, SE = 0.028, p < 0.001$)에서 각각 통계적 차이가 나타났고, DT-motor 보행

Table 2. Differences in gait velocity between retired athletes and control group

Task	Gait velocity (m/s)		<i>p</i> -value between groups	Two-way ANOVA [§]
	Retired athletes (n=44)	Controls (n=38)		
ST ^a	1.35±0.18 ^{b,c,d,e,f,g}	1.40±0.15 ^{b,d,e,f,g}	0.167	Group <i>p</i> = 0.011 Task <i>p</i> < 0.001 Group × Task <i>p</i> = 0.013
DT-motor ^b	1.23±0.18 ^{a,e,f,g}	1.29±0.19 ^{a,e,g}	0.159	
DT-1 ^c	1.20±0.18 ^{a,e,f,g}	1.33±0.16 ^{d,e,f,g}	0.001 ^{**}	
MT-1 ^d	1.19±0.19 ^{a,e,f,g}	1.25±0.17 ^{a,c,f,g}	0.126	
DT-animal ^e	1.10±0.21 ^{a,b,c,d,g}	1.21±0.19 ^{a,b,c}	0.025 [*]	
DT-7 ^f	1.08±0.21 ^{a,b,c,d}	1.23±0.15 ^{a,c,d}	< 0.001 ^{***}	
MT-7 ^g	1.08±0.23 ^{a,b,c,d,e}	1.18±0.18 ^{a,b,c,d}	0.031 [*]	

Data are expressed as mean ± standard deviation. **p* < 0.05, ***p* < 0.001, ****p* < 0.001, §Huynh-Feldt correction was used for estimating *p* value. Superscript letters denote results of the Bonferroni pairwise within-group comparisons across tasks. Abbreviation: single-task, ST; motor task, DT-motor; counting-1, DT-1; motor task & counting-1, MT-1; verbal task, DT-animal; counting-7, DT-7; motor & counting-7, MT-7

Table 3. Differences in cognitive costs between retired athletes and control group

Task	Velocity (%)		<i>p</i> -value between groups	Two-way ANOVA [§]
	Retired athletes (n=44)	Controls (n=38)		
DT-motor ^a	2.24±14.08 ^{d,e,f}	-2.30±14.81 ^{d,f}	0.159	Group <i>p</i> = 0.009 Task <i>p</i> < 0.001 Group × Task <i>p</i> = 0.006
DT-1 ^b	4.70±14.23 ^{d,e,f}	-5.89±12.85 ^{c,d,e,f}	0.001 ^{**}	
MT-1 ^c	5.77±14.73 ^{d,e,f}	0.92±13.48 ^{b,f}	0.126	
DT-animal ^d	12.45±16.99 ^{a,b,c}	4.30±15.14 ^{a,b}	0.025 [*]	
DT-7 ^e	14.27±16.46 ^{a,b,c}	2.28±12.25 ^b	< 0.001 ^{***}	
MT-7 ^f	13.99±17.86 ^{a,b,c}	6.14±13.99 ^{a,b,c}	0.031 [*]	

Data are expressed as mean ± standard deviation. **p* < 0.05, ***p* < 0.001, ****p* < 0.001, §Huynh-Feldt correction was used for estimating *p* value. superscript letters denote results of the Bonferroni pairwise within-group comparisons across tasks. Abbreviation: motor task, DT-motor; counting-1, DT-1; motor task & counting-1, MT-1; verbal task, DT-animal; counting-7, DT-7; motor & counting-7, MT-7

속도는 DT-animal ($M_{diff} = 0.083$, $SE = 0.025$, $p = 0.034$), MT-7 ($M_{diff} = 0.106$, $SE = 0.022$, $p < 0.001$)과 유의한 차이가 관찰되었다. DT-1 보행속도는 MT-1 ($M_{diff} = 0.086$, $SE = 0.012$, $p < 0.001$), DT-animal ($M_{diff} = 0.128$, $SE = 0.015$, $p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = 0.103$, $SE = 0.018$, $p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = 0.152$, $SE = 0.018$, $p < 0.001$)과 각각 차이가 나타났으며, MT-1 보행속도는 MT-7 ($M_{diff} = 0.066$, $SE = 0.014$, $p < 0.001$)과 차이가 나타났다. 그 외 보행속도 간 유의한 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$).

3. 은퇴선수 집단과 일반인 집단간 이중과제 시 발생한 인지비용 차이

이중과제 시 발생한 인지비용에 대한 집단($F_{(1,80)} = 7.069$, $\eta^2 = 0.081$)과 과제($F_{(3,30,249,15)} = 38.695$, $\eta^2 = 0.326$)의 주효과와 집단 × 과제 상호작용($F_{(3,30,249,15)} = 4.037$, $\eta^2 = 0.048$)는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(Table 3 참조). 사후검증을 통해 나타난 집단 간 짝비교에서 은퇴선수 집단의 DT-1 ($M_{diff} = 10.591$, $SE = 3.014$), DT-animal ($M_{diff} = 8.149$, $SE = 3.578$), DT-7 ($M_{diff} = 11.997$, $SE = 3.246$), MT-7 ($M_{diff} = 7.851$, $SE = 3.585$) 시 인지비용이 일반인 집단에 비해 통계적으로 유의하게 큰 것

으로 관찰되었다. 또한 사후검증을 통한 은퇴선수 집단 내 DT-motor 시 인지비용은 DT-animal ($M_{diff} = -10.215$, $SE = 1.880$, $p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = -12.037$, $SE = 2.100$, $p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = -11.754$, $SE = 1.587$, $p < 0.001$)과 통계적 차이가 각각 나타났고, DT-1 시 인지비용은 DT-animal ($M_{diff} = -7.750$, $SE = 1.087$, $p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = -9.572$, $SE = 1.340$, $p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = -9.289$, $SE = 1.315$, $p < 0.001$)과 차이가 각각 관찰되었으며, MT-1 시 인지비용은 DT-animal ($M_{diff} = -6.686$, $SE = 1.340$, $p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = -8.508$, $SE = 1.613$, $p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = -8.225$, $SE = 1.063$, $p < 0.001$)과 유의한 차이가 발견되었다. 일반인 집단 내 DT-motor 시 인지비용은 DT-animal ($M_{diff} = -6.600$, $SE = 2.023$, $p = 0.024$), MT-7 ($M_{diff} = -8.438$, $SE = 1.708$, $p < 0.001$)과 각각 차이가 관찰되었고, DT-1 시 인지비용은 MT-1 ($M_{diff} = -6.809$, $SE = 0.984$, $p < 0.001$), DT-animal ($M_{diff} = -10.192$, $SE = 1.169$, $p < 0.001$), DT-7 ($M_{diff} = -8.166$, $SE = 1.442$, $p < 0.001$), MT-7 ($M_{diff} = -12.030$, $SE = 1.415$, $p < 0.001$)과 각각 차이가 나타났으며, MT-1 시 인지비용은 MT-7 ($M_{diff} = -5.221$, $SE = 1.144$, $p < 0.001$)과 차이가 나타났다. 그 외 이중과제 시 인지비용 간 통계적 차이는 관찰되지 않았다($p > 0.05$).

DISCUSSION

본 연구의 목적은 은퇴선수 집단과 일반인 집단 간의 신경인지검사 점수, 이중과제 보행 시 보행속도와 인지비용의 비교를 통해 접촉 스포츠 참여가 은퇴선수 집단의 인지기능에 미치는 영향을 관찰하는 것이다.

전산화된 신경인지검사 결과 중 청각적 분리주의집중 점수가 은퇴선수 집단에서 일반인 보다 통계적으로 유의하게 높게 관찰되어 본 연구의 가설이 기각되었다. 청각의 경우 성인에서의 가소성이 관찰되는 지각 영역으로 인간의 뇌기능 손상 치료에 대한 가능성이 제시된 영역이다(Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum & Hudspeth, 2014). 충격 누적 또는 뇌진탕으로 손상이 발생되었더라도 선수생활 동안 높은 수준의 지각, 인지, 운동제어 능력이 요구되는 스포츠에 참여함으로써 회복될 수 있고 일반인보다 더 발달 될 수 있다(Scharfen & Memmert, 2019).

본 연구 결과 청각적 분리주의집중 점수 외 신경인지검사 점수는 집단 간 차이는 나타나지 않았다. 이는 접촉 스포츠에 참여하며 뇌진탕을 2회 이상 경험한 20대에서 건강한 집단에 비해 저하된 인지 능력을 보고한 선행연구와 상반된 결과이다(Terry et al., 2012). 본 연구의 대상자는 모두 접촉 스포츠에 참여하여 종목특성에 따른 충격의 누적이 있을 것으로 가정하였으나 뇌진탕 과거력 여부가 고려되지 않았기 때문에 결과에 영향을 미친 것으로 사료된다. Esopenko 등 (2017)은 은퇴한

하키 선수와 동일 연령 일반인과의 신경인지검사 결과(기억력, 집중력, 반응속도, 억제 조절, 시공간 기능)의 차이는 뇌진탕 과거력이 있는 경우에만 나타났고 그 외는 관찰되지 않았다고 보고하였다.

본 연구 결과에서 ST는 은퇴선수 집단과 일반인 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 외상성 뇌손상은 인지 저하를 유발하고 그 결과로 보행속도를 감소시키지만 10일 후 회복되는 것으로 보고된다(Buckley, Munkasy, Tapia-Lovler & Wikstrom, 2013; Yogev-Seligmann et al., 2008). ST도 자세의 안정을 위해 여러 정보를 통합하여야 하지만 이중과제보다 인지부하가 낮기 때문에 외상성 뇌손상의 회복을 추측하는 평가로 적절하지 않다고 보고된다(Howell, Osternig & Chou, 2013). 본 연구 결과 DT-1, DT-animal, DT-7, MT-7 시 보행속도는 은퇴선수 집단이 통계적으로 일반인 집단보다 느리게 나타났고 DT-motor, MT-1은 차이가 없었다. 외상성 뇌손상과 같은 신경학적 손상은 이중과제 보행 시 인지과제를 먼저 수행하기 때문에 보행속도가 느려지는 것으로 보고된다(Doi et al., 2014; Holtzer, Wang, Lipton & Verghese, 2012; Shumway-Cook & Woollacott, 2014). 전산화된 신경인지검사 점수는 일반인 집단과 차이가 없었으나 이중과제 보행 시 보행속도의 유의미한 변화는 접촉 스포츠 참여에 따른 누적된 머리의 충격의 영향을 배제할 수 없는 것으로 사료된다(O'sullivan, Kwak, Kim & Jeong, 2020; Tamutzer, 2018).

이중과제 보행 시 DT-motor와 MT-1을 제외하고 은퇴선수 집단이 일반인 집단에 비해 높은 인지비용을 필요로 하는 것으로 관찰되었다. 선행연구에 따르면 20대 성인의 이중과제 보행 시 인지비용은 -2~8%로 보고되었고(Paul, Ada & Canning, 2005), 복합과제 보행의 경우 10%로 나타났다(Canning et al., 2006). 본 연구 결과 은퇴선수 집단의 경우 DT-animal, DT-7의 경우 12% 이상의 높은 인지비용이 관찰되었는데 이는 건강한 64세 이상 성인의 이중과제 보행 시 발생한 인지비용 2~10%보다 높은 수준이며(Paul et al., 2005), MT-7는 약 14%로 선행 연구 결과보다 약 4% 높은 것으로 관찰되었다(Canning et al., 2006). 보행 중 인지비용의 증가는 불안정한 보행을 야기함으로써 낙상의 위험을 증가시킬 수 있으며(Montero-Odasso et al., 2012) 이는 많은 부상 과거력이 있는 은퇴선수들에게 더 큰 위험이 될 수 있을 것이다(Lee et al., 2020).

본 연구의 제한점은 은퇴선수 집단의 뇌진탕 과거력 여부를 고려하지 못한 점이다. 국내 운동선수 및 지도자는 정신을 잃을 정도의 충격만을 뇌진탕이라고 판단하여, 인체에 가해진 충격으로 인해 단순히 어지러움, 혼란스러움, 멍한 느낌 등의 증상(McCrory et al., 2009)에 대해서는 뇌진탕으로 인지하지 못하는 경우가 대부분이다. 따라서, 정확한 뇌진탕 과거력 수집을 위해서 뇌진탕에 대한 인식개선 및 교육이 필요할 것이다(Koh, 2008). 두 번째로 집단 구성에 비접촉 선수가 포함되지

않아 운동 선수와 일반인의 차이를 고려하지 못했다. 추후 연구에서는 접촉에 의한 충격의 영향을 구분하기 위해 비접촉 스포츠 선수 집단과의 비교가 요구된다. 세 번째로 20대 후반의 은퇴 선수만을 대상으로 실시되어 은퇴 기간에 따른 차이를 고려하지 못했다. 따라서 추후 연구에서는 연구 참여자의 연령대 확장 및 전향적 연구로 은퇴 기간에 따른 인지변화에 대한 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

CONCLUSION

접촉 스포츠 참여가 은퇴한 선수의 신경인지 결과에 영향을 미치지 않았으나 이중과제 보행 시 보행속도의 감소 및 인지 비용 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 일상생활과 관련하여 은퇴 선수의 인지평가를 위해 단일평가 항목으로 신경인지 점수만을 관찰하는 것보다 이중과제 보행검사의 적용은 유용한 정보를 제공 할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

I really appreciate all of the participants, as well as Inje Lee and Hyunggyu Jeon, for their help in collecting the data.

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019R111A1A01058594).

REFERENCES

- Broglio, S. P., Eckner, J. T., Martini, D., Sosnoff, J. J., Kutcher, J. S. & Randolph, C. (2011). Cumulative head impact burden in high school football. *Journal of Neurotrauma*, 28(10), 2069-2078.
- Buckley, T. A., Munkasy, B. A., Tapia-Lovler, T. G. & Wikstrom, E. A. (2013). Altered gait termination strategies following a concussion. *Gait & Posture*, 38(3), 549-551.
- Canning, C. G., Ada, L. & Paul, S. S. (2006). Is automaticity of walking regained after stroke?. *Disability and Rehabilitation*, 28(2), 97-102.
- Cross, M., Kemp, S., Smith, A., Trewartha, G. & Stokes, K. (2016). Professional Rugby Union players have a 60% greater risk of time loss injury after concussion: a 2-season prospective study of clinical outcomes. *British Journal of Sports Medicine*, 50(15), 926-931.
- Cunningham, J., Broglio, S. P., O'Grady, M. & Wilson, F. (2020). History of sport-related concussion and long-term clinical cognitive health outcomes in retired athletes: a systematic review. *Journal of Athletic Training*, 55(2), 132-158.
- Doi, T., Shimada, H., Makizako, H., Tsutsumimoto, K., Uemura, K., Anan, Y. & Suzuki, T. (2014). Cognitive function and gait speed under normal and dual-task walking among older adults with mild cognitive impairment. *BMC Neurology*, 14(1), 67.
- Esopenko, C., Chow, T. W., Tartaglia, M. C., Bacopulos, A., Kumar, P., Binns, M. A. ... & Levine, B. (2017). Cognitive and psychosocial function in retired professional hockey players. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 88(6), 512-519.
- Gavett, B. E., Stern, R. A. & McKee, A. C. (2011). Chronic traumatic encephalopathy: a potential late effect of sport-related concussive and subconcussive head trauma. *Clinics in Sports Medicine*, 30(1), 179-188.
- Gouttebauge, V., Castaldelli-Maia, J. M., Gorczynski, P., Hainline, B., Hitchcock, M. E., Kerkhoffs, G. M. ... & Reardon, C. L. (2019). Occurrence of mental health symptoms and disorders in current and former elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(11), 700-706.
- Holtzer, R., Wang, C., Lipton, R. & Verghese, J. (2012). The protective effects of executive functions and episodic memory on gait speed decline in aging defined in the context of cognitive reserve. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(11), 2093-2098.
- Howell, D. R., Ostermig, L. R. & Chou, L. S. (2013). Dual-task effect on gait balance control in adolescents with concussion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(8), 1513-1520.
- Herman, D. C., Jones, D., Harrison, A., Moser, M., Tillman, S., Farmer, K. ... & Chmielewski, T. L. (2017). Concussion may increase the risk of subsequent lower extremity musculoskeletal injury in collegiate athletes. *Sports Medicine*, 47(5), 1003-1010.
- Hunter, S. W., Divine, A., Frengopoulos, C. & Odasso, M. M. (2018). A framework for secondary cognitive and motor tasks in dual-task gait testing in people with mild cognitive impairment. *BMC Geriatrics*, 18(1), 202.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A. & Hudspeth, A. J. (2014). *Principles of Neural Science*. 5th ed. Seoul: McGraw-Hill Education Korea, 681-709.
- Kiernan, P. T., Montenegro, P. H., Solomon, T. M. & McKee, A. C. (2015). Chronic traumatic encephalopathy: a neurodegenerative consequence of repetitive traumatic brain injury.

- Seminars in Neurology*, 35(1), 20-28.
- Kim, D. H. & Chang, D. S. (2019). The analysis of research trends on retired athlete: systematic review. *The Korean Journal of Sport*, 17(1), 543-554.
- Koh, J. O. (2008). Evaluation of Taekwondo instructors' knowledge on concussion. *Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, 22(5), 99-122.
- Lee, I., Jeon, H., Lee, S. Y. & Ha, S. (2020). A study on health-related quality of life in retired athletes. *The Korean Journal of Physical Education*, 59(4), 381-390.
- Lee, Y. S. (2008). A Study on Retirement Preparation and Career Support for National Athlete in Korea. *Korean Journal of Sport Science*, 19(4), 136-145.
- Lienhard, K., Schneider, D. & Maffiuletti, N. A. (2013). Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Medical Engineering & Physics*, 35(4), 500-504.
- Lynall, R. C., Mauntel, T. C., Pohlig, R. T., Kerr, Z. Y., Dompier, T. P., Hall, E. E. & Buckley, T. A. (2017). Lower extremity musculoskeletal injury risk after concussion recovery in high school athletes. *Journal of Athletic Training*, 52(11), 1028-1034.
- Mannes, Z. L., Dunne, E. M., Ferguson, E. G., Cottler, L. B. & Ennis, N. (2020). History of Opioid Use as a Risk Factor for Current Use and Mental Health Consequences among Retired National Football League Athletes: A 9-Year Follow-up Investigation. *Drug and Alcohol Dependence*, 215(1), 108251.
- Martini, D. N., Sabin, M. J., DePesa, S. A., Leal, E. W., Negrete, T. N., Sosnoff, J. J. & Broglio, S. P. (2011). The chronic effects of concussion on gait. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(4), 585-589.
- Matser, J. T., Kessels, A. G. H., Jordan, B. D., Lezak, M. D. & Troost, J. (1998). Chronic traumatic brain injury in professional soccer players. *Neurology*, 51(3), 791-796.
- McCrary, P., Meeuwisse, W., Johnston, K., Dvorak, J., Aubry, M., Molloy, M. & Cantu, R. (2009). Consensus statement on Concussion in Sport-The 3rd International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2008. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 340-351.
- McHugh, C., Hind, K., Davey, D. & Wilson, F. (2019). Cardiovascular health of retired field-based athletes: a systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(8), 2325967119862750.
- McKee, A. C., Cantu, R. C., Nowinski, C. J., Hedley-Whyte, E. T., Gavett, B. E., Budson, A. E. ... & Stern, R. A. (2009). Chronic traumatic encephalopathy in athletes: progressive tauopathy after repetitive head injury. *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*, 68(7), 709-735.
- McKee, A., Stern, R., Nowinski, C., Gavett, B. & Cantu, R. (2009). Chronic traumatic encephalopathy in professional football players. *In Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 68(5), 560-560.
- McKee, A. C., Stein, T. D., Nowinski, C. J., Stern, R. A., Daneshvar, D. H., Alvarez, V. E. ... & Cantu, R. C. (2013). The spectrum of disease in chronic traumatic encephalopathy. *Brain*, 136(1), 43-64.
- Montero-Odasso, M., Casas, A., Hansen, K. T., Bilski, P., Gutmanis, I., Wells, J. L. & Borrie, M. J. (2009). Quantitative gait analysis under dual-task in older people with mild cognitive impairment: a reliability study. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 8(1), 35.
- Montero-Odasso, M., Verghese, J., Beauchet, O. & Hausdorff, J. M. (2012). Gait and cognition: a complementary approach to understanding brain function and the risk of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(11), 2127-2136.
- O'sullivan, D., Kwak, M. H., Kim, Y. S. & Jeong, H. S. (2020). Are head impacts safe during youth soccer game practice?. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 30(2), 155-163.
- Paul, S. S., Ada, L. & Canning, C. G. (2005). Automaticity of walking-implications for physiotherapy practice. *Physical Therapy Reviews*, 10(1), 15-23.
- Petersen, R. C., Thomas, R. G., Grundman, M., Bennett, D., Doody, R., Ferris, S. ... & Thal, L. J. (2005). Vitamin E and donepezil for the treatment of mild cognitive impairment. *The New England Journal of Medicine*, 352(23), 2379-2388.
- Scharfen, H. E. & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, 33(5), 843-860.
- Seifert, T. & Shipman, V. (2015). The pathophysiology of sports concussion. *Current Pain and Headache Reports*, 19(8), 36.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. (2014). *Motor control: translating research into clinical practice*. 4th ed. Seoul: Lippincott Williams & Wilkins, Yeong Mun Publishing Company, 267-292.
- Snijders, A. H., Van De Warrenburg, B. P., Giladi, N. & Bloem, B. R. (2007). Neurological gait disorders in elderly people: clinical approach and classification. *The Lancet Neurology*, 6(1), 63-74.
- Tarnutzer, A. A. (2018). Should heading be forbidden in children's

- football?. *Science and Medicine in Football*, 2(1), 75-79.
- Terry, D. P., Faraco, C. C., Smith, D., Diddams, M. J., Puente, A. N. & Miller, L. S. (2012). Lack of long-term fMRI differences after multiple sports-related concussions. *Brain Injury*, 26(13-14), 1684-1696.
- Tysvaer, A. T. & Lochen, E. A. (1991). Soccer injuries to the brain: a neuropsychologic study of former soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 56-60.
- van Iersel, M. B., Hoefsloot, W., Munneke, M., Bloem, B. R. & Rikkert, M. M. O. (2004). Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 37(1), 27-32.
- Willer, B. S., Tiso, M. R., Haider, M. N., Hinds, A. L., Baker, J. G., Miecznikowski, J. C. & Leddy, J. J. (2018). Evaluation of executive function and mental health in retired contact sport athletes. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 33(5), E9-E15.
- Woollacott, M. & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1-14.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M. & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 23(3), 329-342.