

게임을 읽는 머리, 스포츠 지능이 존재하는가? 스포츠 수행과 관련된 인지기능에 관한 문헌고찰

용타위 아차랏¹, 박진한², 우민정^{3*}

¹태국 문화체육관광부 연구 및 개발부 책임, ²울산대학교 스포츠과학부 연구원, ³울산대학교 스포츠과학부 교수

Does sports intelligence, the ability to read the game, exist? A systematic review of the relationship between sports performance and cognitive functions

Atcharat Yongtawe¹, Jin-Han Park², Min-Jung Woo^{3*}

¹Director, Department of Physical Education, Ministry of Tourism and Sports, Thailand

²Researcher, School of Sports and Exercise Science, University of Ulsan

³Professor, School of Sports and Exercise Science, University of Ulsan

요약 연구의 목적은 문헌고찰을 통해 스포츠 관련 인지기능과 이를 효과적으로 측정할 수 있는 검사도구를 제안하고, 스포츠 지능 연구의 기초를 마련하는 것이다. 문헌고찰은 체계적 문헌고찰과 메타분석 지침인 PRISMA 연구법에 근거하여 수행되었다. 게재년도 2008-2020년으로 검색기준 설정 후, 키워드를 통해 검색된 총 429편 중 본 연구의 문헌 선택 기준을 충족한 45편이 최종 분석되었다. 고찰된 논문 결과를 요약하면, 선수들은 비선수보다 특정 인지기능이 우수하고, 스포츠 전문성이 높을수록 해당 인지기능이 더 높았으며, 종목에 따라 인지기능에 차이가 있는 것으로 나타났다. 45편에 대한 종합적 분석결과, 스포츠 수행과 관련된 주요 인지기능은 실행기능(억제능력, 인지유연성), 정보처리속도, 공간능력, 주의력으로 요약된다. 각 인지기능 측정을 위한 검사도구로 억제능력은 정지신호과제, 인지유연성은 설계 유연성검사, 정보처리하는 단순반응검사와 선택반응검사, 공간능력은 심적회전검사, 주의력은 주의연합검사가 적절하다.

주제어 : 융합, 스포츠, 인지기능, 실행기능, 문헌고찰, 경기력

Abstract The purpose of the study is to examine sports-related cognitive functions through a systematic review and to suggest effective instruments to measure the cognitive functions. The present study was conducted based on the systematic review and meta-analysis protocol—the PRISMA. Of 429 articles searched through keywords from 2008 to 2020, 45 articles that met the selection criteria were analyzed. It was revealed that athletes had better cognitive functions than non-athletes, that the higher the sports expertise was, the higher the cognitive functions, and that there were differences in cognitive functions according to the sport types. The primary cognitive functions related to sports performance summarized as executive functions (inhibition ability, cognitive flexibility), information processing speed, spatial ability, and attention. As tasks for measuring each cognitive function, a stop signal task for inhibition ability, a design flexibility task for cognitive flexibility, a simple and choice reaction time test for information processing, a mental rotation task for spatial ability, and an attention network test for attention are appropriate.

Key Words : Convergence, Sports, Cognitive function, Executive function, Systematic review, Performance

*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017S1A5A2A01026414).

*Corresponding Author : Min-Jung Woo(mjwoo@ulsan.ac.kr)

Received January 7, 2021

Accepted March 20, 2021

Revised February 1, 2021

Published March 28, 2021

1. 서론

선수의 경기력은 체력, 기술, 심리적 요인에 의해 결정된다. 최근 최고수행을 위해서 적절한 자극에 신속·정확하게 반응하고 효율적인 정보처리를 가능하게 하는 인지 기능의 중요성이 대두되기 시작하였다[1].

세계적 축구선수 스페인의 사비 에르난데스와 브라질의 네이마르가 왜소한 체격조건에도 불구하고 세계정상에 오를 수 있었던 이유를 조사한 다큐멘터리 <미라클 바디>는 이 천재 축구선수들이 다른 선수들과 다른 “뇌”와 “정보처리능력”을 가졌음을 보여주었다. 축구 경기 영상을 통한 축구선수들의 위치 회상 실험에서 사비의 공간 인지능력이 일반선수보다 2-3배 높을 뿐 아니라, 숫자와 도형을 이용한 인지 테스트에서도 사비의 정보처리속도가 매우 빠른 것으로 나타났다. 또 네이마르는 좌우측면, 중앙에서 압박해오는 수비수 8명을 페인트 동작으로 제치고 숫으로 연결하는 과제에서 일반선수와 달리 8번 모두 다른 기술을 사용해 수비수를 제치고 슈팅으로 연결하였다. 이것은 네이마르가 다른 선수들보다 과제와 관련된 뇌 영역을 효율적으로 사용할 줄 알기 때문인 것으로 밝혀졌다. 즉 천재 선수들은 일반선수와 차별화되는 스포츠형 두뇌를 가진다는 것이다[2].

실제로 인지기능과 스포츠 경기력 간에 긍정적 관련성은 축구[1, 3-5], 테니스[6], 배구[7], 마라톤[8], 펜싱[9], 아이스하키[10], 체조[11], 탁구[12] 등의 다양한 종목에서 보고되었다. 또 탑 레벨의 엘리트 선수들은 일반선수나 비선수보다 특정 인지기능이 우수하였다[13, 14]. 예를 들어, 1부 리그 축구 선수들의 실행기능이 2부 리그 축구 선수들보다 높고[3], 상위권 울트라 마라톤 선수들의 실행기능이 하위권 선수들보다 더 뛰어난 것으로 밝혀졌다[8].

스포츠 종목에 따라 스포츠 전문성을 구별짓는 인지기능에도 차이가 있다는 연구가 보고되었다. 개방기술 종목과 폐쇄기술 종목 간 선수들의 억제능력을 비교한 연구에 의하면, 테니스 선수(개방기술)는 수영선수(폐쇄기술)와 비선수보다 정보처리속도가 빨랐다[6]. 그 외에 팀워크, 정적인 요소, 환경적 요소에 따라 스포츠를 인터셉티브(interceptive), 전략(strategic), 정적(static) 스포츠로 구분한 뒤[13], 스포츠 종목별 인지기능의 차이를 조사한 연구 결과, 인터셉티브 종목 선수가 전략과 정적 종목 선수에 비해 속도처리기술이 뛰어났다[15]. 개방기술과 폐쇄기술 선수들을 대상으로 선수경력과 정보처리속도 간의 상관을 조사한 Atcharat과 Wool[16] 연구에 의

하면, 인터셉티브 스포츠의 경우 선수경력이 길수록 정보처리 속도가 더 빠르지만, 정적 스포츠의 경우 도리어 경력이 길수록 정보처리속도는 느려지는 것으로 나타났다.

이처럼 스포츠 경기력에 영향을 미치는 운동머리 즉 스포츠지능이 존재하는 것으로 보인다. 그러나 경기력이나 스포츠 전문성과 관련된 인지기능에 대한 체계적인 분석을 통해 스포츠 지능 요인과 이를 효과적으로 측정하는 검사도구를 제안한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구의 목적은 스포츠 관련 인지기능에 관한 문헌고찰을 통해 스포츠 관련 인지기능과 검사도구를 제안하고, 스포츠 지능 관련 연구의 기초를 마련하는 것이다.

2. 연구방법

본 연구는 체계적 문헌고찰과 메타분석 지침인 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 연구법에 근거하여 수행되었다 [17].

2.1 정보검색

PubMed, Web of Science, Science Direct, Wiley Online Library, Taylor & Francis Online의 다섯 개의 검색엔진과 Google scholar를 통해 2008~2020년까지 게재된 스포츠 관련 인지기능 문헌이 검색되었다. 영어 문헌 검색시 사용된 인지기능의 키워드는 “cognition, cognitive function, cognitive performance, cognitive ability, attention, memory, executive function, executive functioning, executive control, inhibition, inhibitory control, working memory, cognitive flexibility, shifting, switching, planning, information processing, mental processing, processing speed, reaction time, spatial ability, visual-spatial ability, spatial visualization, spatial orientation, mental rotation” 이었고, 스포츠관련 키워드는 “sport, sport expertise, sport performance, expert athlete, elite athlete, type of sport”였다.

2.2 문헌 선택기준

검색엔진을 통한 정보검색 후 문헌고찰에 포함될 논문 선정기준은 다음과 같다: 1) 연구설계: 횡단연구나 중재 연구, 2) 언어: 영어, 3) 연구대상자: 뇌의 기능적, 해부학적 이상이나 정신적 문제가 없는 8-35세를 대상으로 한

연구(노화로 인한 인지 저하 가능성[18,19]과 현역 선수 연령층을 고려하여 설정), 4) 인지기능: 적어도 하나 이상의 인지기능을 측정한 연구, 5) 집단 비교: 선수여부(선수, 비선수), 선수들의 전문성(엘리트 선수, 일반 선수, 영재선수, 일반선수) 혹은 스포츠 유형에 따른 두 집단 이상의 인지기능 비교 연구. 이상의 5가지 선정기준을 충족하지 않는 연구는 문헌고찰 리스트에서 제외되었다.

PRISMA 플로우 차트 Fig. 1과 같이, 최초 검색된 462개의 논문 중, 127개의 중복된 연구들은 제외하였다. 논문 제목과 초록을 검토하여 335개의 논문 중 254개가 본 연구의 선정기준에 의해 제거되었다. 1차 기준으로 선정된 81개의 논문 중 1개는 full text를 갖추지 않아 배제하였으며, 총 80개의 논문이 선택되었다. Full text를

검토하여 선택된 논문 80개 중 35개를 제거하였으며, 제외된 연구는 뇌손상이나 정신질환 증상을 대상으로 한 연구 15편, 문헌연구 5편, 대상자가 35세 이상인 5편, 집단별 비교연구가 아닌 9편, 영어나 한국어가 아닌 논문 1편이었다. 모든 기준에 부합하는 총 45개의 논문이 최종 선정되었다.

2.3 문헌연구 요약

선정된 모든 논문에서 주저자, 출판년도, 연구대상자의 기본정보(대상자 수, 성별, 나이, 선수여부, 선수 전문성 수준, 종목, 선수 경력), 인지검사 측정도구, 인지요소, 연구결과에 대한 정보는 Table 1과 같다.

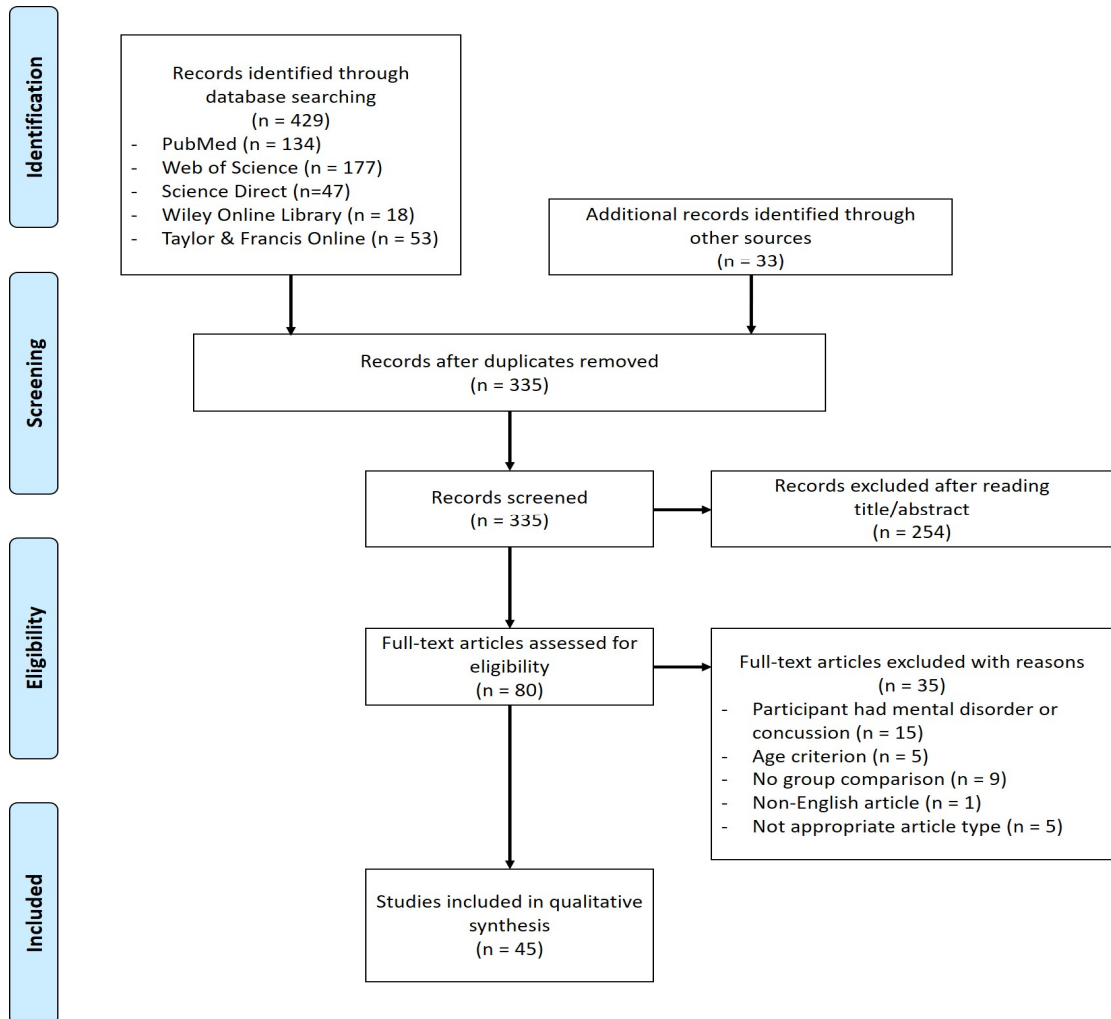


Fig. 1. Schematic illustration of the flow diagram

Table 1. Preliminary summary of literature review

Author	N	Age	A group (n)	levels	Control group (n)	levels	Measurement	Summary
Nakamoto [20]	57	20.7	Basketball (20), Baseball (24)	C	NA (13)	-	SRT, GNG RT	SRT, GNG RT: A > NA
Memmert [21]	120	24.0	NTeam (40), Team (40) sports	E	Nov & NA (40)	-	FFOV, MOTT, IBT	No significant difference
Furley [22]	112	24.8	Basketball (54)	C	NA (58)	-	CBT	No significant difference
Chaddock [23]	36	21.1	A (18)	C	NA (18)	-	SRT	SRT: A > NA
Chan [24]	60	20.6	Fencer (30)	-	NA (30)	-	SRT, GNG RT	GNG (commission errors): High-fit A > High-fit NA
Cojocariu [25]	73	18-33	Qwan Ki Do National (8), Beginner (18)	E & Nov	NA (47)	-	SRT, CRT	SRT, CRT: National A > NA (RT)
Jansen [26]	40	24.5	Soccer (20)	C	NA (20)	-	MRT (abstract and embodied stimuli)	MRT: A > NA (RT) (embodied stimuli)
Moreau [27]	62	20.8	Wrestling (31)	Nov	Runner (31)	Nov	MRT	MRT: Wrestling training > Runner training group
Vestberg [1]	57	24.1	Soccer: high division (29)	E	Soccer: low division (28)	SE	DFT, CWI, TMT	DFT, TMT (2/3, 4), CWI (4): high > low division
Alves [7]	154	19.2	Adult (30), Junior (57) Volleyball	-	Adult (27), Junior (40) NA	-	TST, SST, FT, CDT	TST: A > NA (RT) SST, CDT: A > NA (RT)
Jansen [28]	120	23.5	Soccer (40), Gymnast (40)	-	NA (40)	-	MRT (cubes & human figures)	MRT: Gymnast > NA
Lesiakowski [29]	30	20.7	Boxer (15)	E & Nov	NA (15)	-	VDT	No significant difference
Nuri [30]	22	22.3	OMS: Volleyball (11)	C	CMS: Sprinter (11)	C	Visual complex & CRT Auditory complex & CRT	Auditory complex & CRT: Sprinter > Volleyball
Wang [6]	60	20.1	OMS: Tennis (20) CMS: Swimmer (20)	C	NA (20)	-	SST	SST: Tennis > Swimmer = NA
Cojocariu [31]	28	18-25	Judo (8)	E	NA (20)	-	SRT, CRT	No significant difference
Jacobson [32]	54	20.1	Externally paced (22) Self-paced (17)	C & E	NA (15)	-	TT, CWI, DSST, Vocabulary test	CWI & TT: A > NA CWI & TT: Externally paced > Self-paced sports
Verburgh [4]	126	11.9	T soccer (84)	T	NT Soccer (42)	NT	SST, VSWT, ANT	SST, ANT (alerting): T > NT A
Huijgen [3]	88	15.3	E soccer (47)	E	SE soccer (41)	SE	TMT, SST, DSBW, DFT	SST, TMT B-A, & DFT: E > SE A
Wang [33]	25	22.2	Badminton (12)	E	NA (13)	-	VSAT (delay), VSAT (non-delay)	VSAT (attention & working memory): A > NA (RT)
Alesi [34]	44	9.0	Soccer class (24)	Nov	control group (20)	-	DSFW, DSBW, CBT, VDT, TT	CBT, VDT, & TT: Soccer class > control group
Heppe [35] S1	60	22.5	Handball, Soccer (30)	E	R (30)	R	MRT (human figures)	No significant difference
S2	54	24.3	Volleyball, Handball (27)	E	R (27)	R	MRT (3D human stimuli)	MRT: E A > R (RT)
S3	52	21.0	Volleyball, Soccer (26)	E	R (26)	R	d2-R test, TMT, KAI-N test	d2-R: E A > R
Lundgren [10]	48	23.7	Ice hockey: A (29), B (19) levels	-	Standardized sample (1,750)	-	DFT, TMT	DFT: A level A > Standardized sample
Martin [36]	20	24.4	Professional cyclist (11)	E	R cyclist (9)	R	Modified color-word ST	ST: Professional > R A (ACC)
Schmidt [11]	80	25.7	Gymnast (20), Runner (20), Orienteer (20)	C	NA (20)	-	MRT	MRT: Orienteer & GymnastA > NA
Verburgh [5]	168	10.5	E Soccer (69) NE Soccer (48)	E NE	NA (51)	-	SST, DSFW, DSBW, ANT	SST: E > NE = NA DSFW: E > NA DSBW: E, NE > NA
Wang [12]	65	21.9	Table tennis (31)	E	NA (34)	-	ANT	ANT: A > NA (executive)
Yao [37]	64	20.0	Static: Swimmer (19) Interceptive: Fencer (14)	E	NA (16)	-	SST, TST, CDT, ICMT, ANT	SST: Basketball > Fencer, Swimmer, NA TST: Swimmer > Fencer

Author	N	Age	A group (n)	levels	Control group (n)	levels	Measurement	Summary
			Strategic: Basketball (15)					ICMT: Basketball, Fencer > NA (ACC) ANT: A > NA (ACC) (orienting)
Bianco [9]	39	27.8	Fencer (13), Boxer (13)	E	NA (13)	-	GNG	GNG: Fencer, Boxer > NA (RT) GNG: Fencer, NA > Boxer (ACC)
Chang [38]	60	21.3	Marathon (20), Wushu (20)	E	NA (20)	-	ST, WCST, TT	No significant difference
Chiu [39]	31	22.2	Volleyball (11), Runner & Swimmer (12)	C, R	NA (8)	-	FT	FT: Volleyball > Runner, Swimmer, NA (ACC)
Feng [40]	47	14.2	Diving (24)		NA (23)	-	MRT	MRT: Diving > NA (RT)
Liao [41]	57	23.6	Badminton (42)		NA (23)	-	SST	SST: Badminton > NA
Lesiakowski [42]	119	20.8	Soccer (24), Volleyball (22), Boxer (26), Rowing (23)	E	NA (24)	-	SRT, CRT, VDT	SRT, CRT: Volleyball, Soccer > Boxer, Rowing, NA (RT) VDT: Volleyball > Boxer, NA (ACC) VDT: Rowing, Volleyball, Soccer > NA (ACC) VDT: Volleyball, Soccer > Boxer (RT)
Vestberg [43]	30	14.93	Soccer (30)	Young E	Age-matched normative data	-	DWT, DFT, CWI, TMT	DWT, DFT: Soccer > Normative data Positive correlation between DWT, DFT and Soccer performance (goals and assists)
Wang [44]	36	20.7	OMS: Badminton (18)	C	CMS: Track & field and Dragon boat (18)	C	FT	FT: OMS > CMS A (RT, ACC)
Yu [45]	54	21.3	OMS: Badminton (18) CMS: Track & field (18)	E	NA (18)	-	TST (proactive and reactive control task), SRT	TST: OMS > CMS A (proactive) (100% valid cue) TST: OMS & CMS > NA (reactive) (50% valid cue)
Brevers [46]	52	19.6	Fencer & Taekwondo (27)	E	NA (25)	-	SST (proactive and reactive motor response inhibition)	SST: A > NA (proactive tasks and reactive tasks[in the condition 1])
Krenn [47]	184	23.2	Static (29), Strategic (62), Interceptive (93)	E	-		FT, Modified FT, 2-back task	FT: Strategic A > Static A (RT)
Qiu [48]	65	20.4	E (22), NE (20) Basketball	-	NA (23)	-	MOTT (2, 3, and 4 targets)	MOTT (3 and 4 targets): E > NE, NA
Meng [49]	91	23.0	Badminton (35) and Volleyball (29)	E	NA (27)	-	SST, TST, CDT, ICMT, ANT	ICMT, SST, ANT (alerting): Volleyball > NA ICMT: Badminton > NA CDT, SST: Volleyball > Badminton
Pietsch [50]	54	15.4	Soccer (28),	Young E	Dancer (28)	Young E	MRT	MRT (front view): Soccer > Dancer (RT)
Holfelder [51]	96	14.0	CMS: Track & field E (21), SE (19)	E, SE	OMS: Handball E (19), SE (27)	E, SE	N-back task, FT, TMT	No significant difference
Shao [52]	32	23.9	Shooting (11)	E	Shooting (9), NA (12)	Nov, -	FT (200, 300, and 400ms Inter-stimulus)	FT (congruent): Nov > NA FT (congruent): E > NA (300, 400ms) FT (incongruent): E, Nov > NA (300, 400ms)
Weigelt [53]	211	23.8	Basketball (88)	E	NA (123)	-	MRT (basketball court image)	MRT: Basketball > NA
Yu [54]	39	21.7	Strategic (26), Interceptive (26)	E	NA (26)	-	FT	FT: Strategic > InterceptiveA (ACC) FT: Strategic < Interceptive, NA (RT) FT (conflict): Strategic < Interceptive, NA (ACC)

Note. Abbreviation of cognitive tasks: ACC = Accuracy; ANT = Attention Network Test; CBT = Corsi Block-tapping Test; CDT = Change Detection Task; CRT = Choice Reaction Time; DFT = Design Fluency Test; DSBW = Digit Span Backward task; DSWF = Digit Span Forward task; DSST = Digit Symbol Substitution Test; DWT = Demanding Working memory Test; FFOV = Functional Field Of View; FT = Flanker Task; GNG = Go/Nogo task; IBT = Inattentional Blindness Test; ICMT = Iconic Memory Task; MOTT = Multiple Object Tracking Task; MRT = Mental Rotation Test; RT = Reaction Time; SRT = Simple Reaction Time; SST = Stop Signal Task; ST = Stroop Task or CWI(Color-Word Interference); TMT = Trail Making Test; TST = Task Switching Test; TT = Tower Test; VDT = Visual Discrimination Test; VSAT = Visuo-Spatial Attention Test; VSWT = Visuo-Spatial Working memory Test; WCST = Wisconsin Card Sorting Test
Abbreviation of expertise: A = Athlete; C = Collegiate; E = Elite; NA = Non-athlete; NE = Non-elite; Nov = Novice; NT = Non-talent; R = Recreational; SE = Sub-elite; T = Talent

3. 결과

3.1 고찰된 문헌의 특징

본 문헌고찰에 포함된 45편의 연구는 선수 전문성에 따른 인지기능의 차이를 조사한 연구 25편(56%), 스포츠 종목에 따른 인지기능의 차이 연구 5편(11%), 스포츠 종목과 전문성 비교를 동시에 수행한 연구 15편(33%)으로 구성된다. 문헌고찰의 연구대상자 수는 총 3,305명으로, 선수 2,313명(70%), 비선수 992명(30%), 남자 2,181명(66%), 여자 1059명(32%), 성별을 알 수 없는 인원 65명(2%)으로 구성되며, 이들의 평균 연령은 8.78부터 29.4세였다. 선수경력은 1-21년으로 분포되었다. 총 45편의 연구 중 하나의 인지기능만을 비교한 연구가 22편이었고, 나머지 23편은 둘 이상의 인지기능을 조사하였다.

3.2 문헌연구에서 사용된 인지기능

고찰된 문헌에서 측정된 인지기능은 주의력(attention), 기억(memory), 실행기능(executive function), 정보처리속도(information processing speed), 공간능력(spatial ability) 5가지로 분류되었고, 해당 인지기능을 측정하기 위해 총 28개의 인지과제가 사용되었다. 인지 기능 비율을 분석한 결과, 실행기능 57%, 정보처리속도 14%, 주의력 16%, 공간능력 9%, 기억 4%로, 실행기능에 대한 조사가 가장 많이 이루어졌다. 실행기능은 억제능력(inhibition), 작업기억(working memory), 인지 유연성(cognitive flexibility), 계획 및 문제해결(planning and problem solving)로 구성되며, 억제능력 46%, 작업기억 29%, 인지 유연성 19%, 계획 및 문제해결 6%로 실행기능 하위요인 중 억제능력과 작업기억에 대한 연구가 가장 많았다. 해당 인지기능을 측정하기 위해 사용된 검사도구는 Table 2와 같다.

3.3 일반인과 구별되는 선수들의 뛰어난 인지기능과 검사도구

3.3.1 실행기능

실행기능은 억제능력, 작업기억, 인지유연성, 계획과 문제해결의 하위요인으로 구성된다.

선수들의 억제능력(inhibition) 측정을 위해 사용된 검사도구는 정지신호과제(Stop Signal Task: SST), 스트룹 과제 Stroop Task: ST), 수반자극과제(Flanker Task: FT), 고/노고(Go/No-go: GNG) 과제이다. 억제기능을 조사한 16편의 연구 중 6편이 정지신호과제

(SST)를 사용하였다. Alves 등[7]은 배구선수들이 비선수보다, 성인 선수들이 주니어 선수보다 정지신호과제에서 더 빠르게 반응한다고 보고하였다. 청소년 영재 축구 선수가 동일연령의 일반 축구 선수들보다 억제 통제가 뛰어났으며[3-5], 엘리트 농구[37], 배드민턴[41], 펜싱과 태권도[46], 배구[49] 선수들도 비선수보다 억제능력이 우수하였다. 스트룹 과제(ST)로 억제기능을 조사한 연구는 총 4편이다. 자기조절(self-regulatory)과 외부조절(external regulatory) 종목에서 선수들과 비선수 간 억제기능 비교 결과, 종목에 관계없이 선수들의 억제기능이 비선수보다 뛰어난 것으로 나타났다[32]. 또 프로 사이클 선수의 억제기능이 사이클 동호인보다 뛰어났으며[36], 상위리그 축구선수가 하위리그 축구선수보다 더 우수한 억제능력을 보였다[1]. 반면 엘리트 마라톤, 우수 선수는 비선수와 억제기능 비교에서 차이가 없었다[38]. 선택적 억제능력(selective inhibition)을 측정하기 위해 2편의 연구가 수반자극과제(FT)를 사용하였다. 여자 배구선수들은 비선수들보다 더 빨리[7], 더 정확하게 반응하여[39], 배구선수들의 선택적 억제능력이 비선수보다 우수한 것으로 나타났다. 사격전문가는 일치와 불일치 조건 모두에서 초보자보다 억제능력이 우수하였다[52]. 총 3편의 연구가 고/노고(GNG) 과제를 이용해 선수와 비선수 간 억제능력을 비교하였다. 펜싱과 복싱[9], 농구와 야구[20] 선수는 비선수보다 고/노고 과제에 더 빠르게 반응하였고, 펜싱선수의 과제 정확률이 비선수보다 높았다[24].

작업기억(working memory)을 측정하기 위해 9편의 연구는 시공간 작업기억검사(Visuo-Spatial Working memory Test: VPWT), 역순시각암기과제(Backward Visual Memory Span test: DSBW), 작업기억검사(Demanding Working Memory test: DWM), 콜시블록과제(Corsi Block tapping Test: CBT), 변화탐색과제(Change Detection Task: CDT)를 사용하였다. 시공간 작업기억검사(VPWT)를 사용해 선수들의 작업기억을 조사한 연구에 의하면, 배드민턴 선수가 작업기억과제를 비선수보다 더 빠르게 수행하였다[33]. 그러나, 평균연령 11.9세의 축구영재와 동일 연령 비선수 간에는 작업기억에 차이가 없었다[4]. 평균연령 10.6세 엘리트와 비엘리트 축구선수들의 역순시각암기과제 작업기억이 비선수보다 높았다[5]. 그러나 평균연령 8.78세의 축구선수와 비선수 간[34], 평균연령 15.48세의 엘리트 축구선수와 일반축구선수 간[3] 작업기억에 차이가 없었다. 평균연령 14.93세의 축구선수는 Cogstate sport의 작업기억검사(DWM) 점수가 동일연령대 일반인보다 우수하였

Table 2. Summary of cognitive domains, sub-domains, measurements, and related studies

Domain	Sub-domain	Measurement	Study no.
Executive function	Inhibition	Stop signal test	3 [*] , 4 [*] , 5 [*] , 6 [*] , 7 [*] , 37 [*] , 41 [*] , 46 [*] , 49 [*]
		Stroop test	1 [*] , 32 [*] , 36 [*] , 38, 43
		Flanker test	7, 39 [*] , 44 [*] , 47 [*] , 51, 52 [*] , 54 [*]
		Go/Nogo test	9 [*] , 20 [*] , 24 [*]
	Working memory	Visuo-spatial working memory test	4
		Digit span backward test	3, 5 [*] , 34
		Demanding working memory test	43 [*]
		Corsi block-tapping test	22, 34 [*]
		Change detection test	7 [*] , 37, 49 [*]
		N-back task	47, 51
	Cognitive flexibility	Design fluency test	1 [*] , 3 [*] , 10 [*] , 43 [*]
		Trail making test	1 [*] , 3 [*] , 10, 35, 43, 51
		Task switching test	7 [*] , 37 [*] , 45 [*] , 49
		Wisconsin card sorting test	38
Planning & problem solving	Tower test	32 [*] , 34 [*] , 38	
Information processing	Reaction time	Simple reaction time	20 [*] , 23 [*] , 24, 25 [*] , 31, 42 [*] , 45
		Choice reaction time	25 [*] , 30 [*] , 31, 42 [*]
	Processing speed	Digit symbol substitution test	32
Spatial ability	Mental rotation	Mental rotation test	11 [*] , 26 [*] , 27 [*] , 28 [*] , 35 [*] , 40 [*] , 50 [*] , 53 [*]
Attention	Attention network	Attention network test	4 [*] , 5, 12 [*] , 37 [*] , 49 [*]
	Selective attention	Visual discrimination test	29, 34 [*] , 42 [*]
	Sustained attention	d2-R test	35 [*]
	Visual spatial attention	The functional field of view test	21
		Multiple object tracking test	21, 48 [*]
		Inattentive blindness test	21
		Visuo-spatial attention test	33 [*]
Memory	Short-term memory	Digit span forward test	5 [*] , 34
	Visual memory	Iconic memory test	37 [*] , 49 [*]

Note. * a study that found a significant difference between groups

다. 엘리트 선수와 비선수 간의 작업기억을 콜시블록과제(CBT)로 비교한 결과, 평균연령 8.78세의 축구선수가 동일연령 비선수보다 작업기억이 우수하였다[34]. 그러나 대학 농구선수와 비선수를 비교한 Furley와 Memmert[20]의 연구에서는 집단 간 작업기억에 차이가 없었다. 변화 탐색과제(CDT)로 작업기억을 조사한 Alves 등[7]의 연구에 의하면, 배구 선수들은 비선수보다 작업기억 과제에 더 빠르게 반응하였다. 그러나, Yao[37]는 엘리트 수영, 펜싱, 농구 선수들과 비선수 간 작업기억에 차이가 없다고 보고하였다.

인지유연성(cognitive flexibility)을 조사하기 위해 설계유창성검사(Design Fluency Task: DFT), 기호잇기검사(Trail Making Test: TMT), 작업전환검사(Task Switching Test: TST), 위스콘신 카드분류 검사

(Wisconsin Card Sorting Test: WCST)가 사용되었다. 설계유창성검사(DFT)로 인지유연성을 측정된 3편의 연구를 종합해 보면, 아이스하키 엘리트(elite) 선수들의 인지유연성이 일반인보다 우수하였으나, 엘리트와 일반(sub-elite) 하키 선수들 간에는 차이가 없었고[10], 상위리그 축구선수의 인지유연성이 하위리그 축구선수보다 더 뛰어났으며[1], 청소년 축구선수들의 인지유연성이 동일연령대의 일반 선수(sub-elite)[3]나 비선수보다 우수하였다[43]. 기호잇기검사(TMT)로 인지유연성을 조사한 7편의 연구결과, 평균연령 15세의 엘리트(elite) 축구선수는 동일연령대 일반(sub-elite) 축구선수보다 인지유연성이 뛰어났다[3]. 그러나 아이스하키 엘리트(elite) 선수, 일반(sub-elite) 하키 선수, 비선수 간에는 인지유연성에 유의한 차이가 없었다[10]. 인지유연성을 조사를 위

해 작업전환검사(TST)를 사용한 3편의 연구 결과, 배구 [7], 개방기술(배드민턴)과 폐쇄기술(육상)[45] 선수들이 비선수보다 작업전환능력이 우수한 것으로 나타났다. 반면, 수영, 펜싱, 농구 선수와 비선수 간 인지유연성은 차이가 없었다[37]. 컴퓨터 기반 위스콘신 카드분류 검사(WCST)로 인지유연성을 조사한 Chang 등[38]의 연구에서 마라톤과 우수 엘리트 선수들과 비선수 간 차이가 없었다.

실행기능 중 계획과 문제해결 능력은 스포츠 경기력에 결정적으로 관여하는 중요한 기술로 일반적으로 KEFS Tower test[32], Tower of London test[34, 38]와 같은 타워검사(Tower Test: TT)를 통해 측정된다. 외부조절기술 종목과 자기조절기술 종목 선수, 비선수 간 타워검사(TT)를 통해 계획과 문제해결능력을 비교한 Jacobson과 Matthaues[32]은 외부조절기술, 자기조절기술, 비선수 순으로 계획과 문제해결능력이 뛰어나다고 보고하였다. 평균 8.78세의 축구선수와 비선수 간 비교에서도 축구선수가 비선수보다 계획, 문제해결능력이 우수하였다[34]. 그러나, 마라톤과 우수 선수들과 비선수 간에는 이러한 차이가 나타나지 않았다[38].

3.3.2 정보처리속도

반응시간은 운동 반응과 의사결정 속도를 평가하기 위해 스포츠과학 분야에서 널리 사용되는 측정도구이다. 주로 단순반응시간(Simple Reaction Time: SRT)과 선택반응시간(Choice Reaction Time: CRT)이 사용된다. 루마니아 Qwan Ki Do 국가대표 선수들은 동일 종목의 아마추어 선수나 비선수보다 선택반응시간이 짧으며 [25], Lesiakowski 등[42]은 배구와 축구 선수들의 단순반응시간과 선택반응시간이 비선수보다 짧다고 보고하였다. 야구, 농구, 크로스컨트리, 체조, 축구, 수영, 육상, 테니스, 레슬링 대학선수들의 단순반응시간을 비교한 4편의 모든 연구에서 선수들이 비선수보다 단순반응시간이 짧았다[20, 23]. 반면, 펜싱선수[24], 배드민턴, 육상선수 [45]와 비선수 간 단순반응시간을 비교결과, 집단 간 차이가 없었다. 유도 선수와 비선수 간 단순 및 선택반응시간 비교에서도 집단 간 차이가 없었다[31].

자기조절, 외부조절 종목의 선수들과 비선수들 간의 정보처리속도(information processing speed)를 숫자기호대체검사(Digit Symbol Substitution Test: DSST)로 조사한 Jacobson과 Matthaues[32]은 선수들과 비선수 간 정보처리속도에 차이가 없다고 보고하였다.

3.3.3 공간능력

공간능력을 조사한 5편의 연구는 2차원과 3차원의 심적회전검사(Mental Rotation Task: MRT)를 사용하였다. 심적회전검사(MRT)를 사용한 연구들은 배구, 핸드볼 엘리트선수가 해당종목 동호인보다 심적회전과제에 더 빠르게 반응하고[35], 평균 14세의 다이빙선수도 동일연령 비선수보다 심적회전검사에 더 빠르게 반응하는 것으로 보고하였다[40]. 또 체조와 오리엔티어링(orienteeing sport) 선수[11], 체조선수[26], 농구선수[53]가 비선수보다 공간능력이 우수하게 나타났다. 그러나, 축구선수와 비선수 간에는 이러한 차이가 없었다.

3.3.4 주의력

선수들의 주의력을 조사한 문헌은 총 10편으로 주의연합, 선택적 주의력, 지속적 주의력, 시공간 주의력, 시공간적 주의력이 측정되었다. 선수들의 주의력을 조사한 10편의 연구 중 4편이 선수의 주의연합(경고적 주의, 방향적 주의, 실행적 주의)을 조사하기 위해 주의연합검사(Attention Network Test: ANT)를 활용하였다. 영재 축구선수들의 경고적 주의력이 비영재 축구선수보다 뛰어났고[4], 배구선수의 경고적 주의력이 비선수보다 우수하였다[49]. 수영, 펜싱, 농구 선수들의 방향적 주의력이 비선수들보다 우수하였다[37]. 또 배드민턴 선수들의 실행적 주의력이 동일연령대의 비선수보다 뛰어났다[12]. 그러나 청소년 엘리트, 비엘리트 축구 선수와 비선수 간 주의력에는 차이가 없었다[5]. 선택적 주의력(selective attention) 측정을 위해 시각변별과제(Visual Discrimination Task: VDT)가 사용되었다. 6개월 축구훈련에 참여한 아동들은 동일 연령의 미참여 아동과 비교해서 시각변별과제의 수행이 더 정확하고 빨랐고, 축구훈련 참여 아동들의 주의력은 전보다 후에 상승하였다[34]. 또한 농구, 축구, 조정(rowing) 선수들도 비선수보다 시각변별과제 수행이 더 빠르고 정확했다[42]. 그러나 엘리트 복싱선수와 비 선수 간에는 차이가 없었다[27]. 선수들의 지속적 주의력(Sustained attention)을 d2-R 검사로 비교한 결과, 엘리트 배구, 축구 선수들이 비선수보다 지속적 주의력이 더 우수하였다[35]. 시공간적 주의력은 기능적 시야검사(Functional Field Of View: FFOV), 다중물체 추적과제(Multiple Object Tracking Task: MOTT), 무주의 맹시검사(computerized Inattentional Blindness Test: IBT), 시공간 주의검사(Visuo-Spatial Attention Test: VSAT) 4개의 도구로

측정되었다. 프로선수(핸드볼, 육상)와 아마추어 선수 간 이상 3개의 검사도구로 시공간적 주의력을 비교한 결과, 엘리트선수와 아마추어 선수 간 주의력에서 유의한 차이가 나타나지 않았다[20]. 엘리트, 비엘리트 농구 선수와 비선수 간 주의력을 다중물체 추적과제로 비교한 결과, 엘리트 선수의 주의력이 비엘리트 선수와 비선수보다 우수하였다[48]. 반면, 시공간 주의검사(VSAT)를 활용하여 배드민턴 선수와 비선수의 시공간 주의력을 비교한 연구에서는 배드민턴 선수가 시공간 주의과제의 반응시간이 비선수보다 빠른 것으로 나타났다[33].

3.3.5 기억

선수들의 기억을 측정하기 위해 숫자암기 과제(Digit Span Forwards Task: DSFW), 영상 기억 검사(Iconic Memory Test: ICMT)가 사용되었다[5,34,37]. Verburgh 등[5]는 주니어 축구영재가 비선수보다 숫자암기 과제(DSFW)의 단기기억(short-term memory) 점수가 더 높다고 보고하였다. 반면에 6개월 축구 훈련에 참여한 아동과 미참여 아동 간의 단기기억 능력 비교에서는 유의한 차이는 없었다[34]. 영상기억검사(ICMT)를 활용하여 수영, 펜싱, 농구 엘리트 선수들과 비선수의 시각 감각기억을 비교한 결과, 수영, 펜싱, 농구 엘리트 선수들의 시각 감각기억이 비선수보다 뛰어났다[37]. 또 배구, 배드민턴 선수들의 시-감각기억이 비선수보다 높았다[49].

3.4 스포츠 종목에 따른 인지기능의 차이

스포츠 종목에 따른 인지기능의 차이를 조사한 연구는 총 15편이었으며, 주의력, 실행기능, 정보처리, 공간능력에 대한 비교가 수행되었다.

3.4.1 실행기능

억제능력의 비교를 위해 정지신호과제(SST), 스트룹 과제(ST), 수반자극과제(FT), 고/노고 검사(GNG)가 사용되었다. 선수와 비선수 간 억제능력을 정지신호과제(SST)로 조사한 결과, 테니스 선수의 억제능력이 수영선수보다 뛰어나고[6], 배구선수의 억제능력이 배드민턴 선수보다 높았다[49]. 농구, 펜싱, 수영 선수 간 실행기능, 기억, 주의력을 비교한 연구에서도 농구선수의 주의력이 펜싱, 수영선수보다 뛰어났다[37]. 외부조절종목과 자기조절종목으로 구분하여 종목 간 억제능력을 스트룹 과제(ST)로 비교한 결과, 자기조절종목 선수들의 억제능력이 외부조절종목 선수들보다 우수하였다[32]. 그러나 마라

톤과 우수선수 간의 억제능력 비교에서는 종목 간 유의한 차이가 없었다[38]. 배구, 육상, 수영 선수들의 억제능력을 수반자극과제(FT)로 비교한 Chiu 등[39]은 배구선수의 억제능력이 육상, 수영 선수보다 우수하다고 보고하였다. 개방기술 종목(배드민턴)과 폐쇄기술 종목(육상, 드래곤보트) 선수들의 억제능력을 비교한 결과, 개방기술 선수들의 억제능력이 폐쇄기술 선수들보다 뛰어났다[44]. Krenn 등[47]도 전략 종목 선수의 억제능력이 정적 종목 선수보다 뛰어나고, 전략 종목 선수들은 인터셉티브 선수보다 수반자극 과제 정확률은 높고, 반응시간은 짧았다[54]. 반면 폐쇄기술(육상)과 개방기술(핸드볼) 비교에서는 종목 간 차이가 없었다[51]. 펜싱, 복싱 선수 간 반응 및 움직임 억제능력을 고/노고 검사(GNG)로 비교한 Bianco 등[11]은 펜싱선수의 억제능력이 복싱선수보다 뛰어나고 보고하였다. 반면 농구, 야구 선수를 고/노고 검사로 억제능력을 비교한 Nakamoto 등[20]의 연구에서는 종목 간 유의한 차이가 없었다.

작업기억은 변화탐색과제(CDT)와 기호잇기검사(TMT)를 통해 측정되었다. 변화탐색과제로 배구와 배드민턴 선수 간 비교결과, 배구선수의 작업기억이 배드민턴 선수보다 뛰어났다[49]. 폐쇄기술과 개방기술 종목 간 기호잇기검사 비교에서는 종목 간 작업기억에 차이가 없었다[51].

인지 유연성 비교를 위해 전환과제(TST)와 위스콘신 카드분류검사(WCST)가 사용되었다. 개방기술 종목(배드민턴)과 폐쇄기술 종목(육상) 간 전환과제(TST)를 통한 인지요연성 비교 결과, 개방기술 선수의 인지요연성이 폐쇄기술 선수보다 우수하였다[45]. 농구, 펜싱, 수영 선수 간 인지요연성 비교에서도 수영선수의 인지요연성이 펜싱 선수보다 우수하였다[37]. 그러나 위스콘신 카드분류검사(WCST)로 마라톤과 우수선수 간 인지요연성을 비교한 결과 종목 간 유의한 차이가 없었다[38].

계획과 문제해결능력은 타워검사(TT)를 통해 측정되었다. 외부조절종목과 자기조절종목의 비교 결과, 외부조절종목 선수들의 문제해결능력이 자기조절종목 선수보다 뛰어났다[32]. 마라톤과 우수 선수 간 계획과 문제해결능력의 비교에서는 종목 간 유의한 차이가 없었다[38].

3.4.2 정보처리

정보처리속도는 단순반응검사(SRT)와 선택반응검사(CRT)로 측정되었다. Nuri 등[28]의 연구에 의하면, 단거리 육상 선수들의 선택반응시간이 배구선수보다 빠른 것으로 나타났다. 또 배구, 축구 선수들의 단순 및 선택반응시간이 복싱, 조정선수보다 빨랐다[42]. 반면, 개방기

술(배드민턴)과 폐쇄기술(육상) 종목 간[45], 농구, 야구 선수 간[20] 단순반응시간에 차이가 없었다.

3.4.3 공간능력

공간능력은 심적회전검사(MRT)를 통해 측정되었다. 청소년 축구선수의 심적회전능력이 댄서보다 우수하였고 [50], 레슬링과 달리기 훈련 후 레슬링 훈련 집단의 심적회전능력이 달리기 훈련 집단보다 더 높았다. 이것은 종목의 훈련에 의한 차이로 레슬링이 육상보다 공간능력 향상에 도움이 된다는 것을 의미한다[27]. 축구와 체조선수 간[28], 체조, 오리엔티어링, 달리기 선수 간 공간능력 비교에서는[11] 종목 간 차이가 없었다.

3.4.4 주의력

주의력 측정을 위해 시각변별과제(VDT)와 주의연합검사(ANT)가 사용되었다. 시각변별과제로 선택적 주의력을 비교한 Lesiakowski 등[42]은 배구, 축구 선수의 선택적 주의력이 복싱선수보다 우수하다고 보고하였다. 반면 주의력을 주의연합검사(ANT)를 통해 비교한 Yao[37]는 농구, 펜싱, 수영 선수 간 주의력의 차이를 발견하지 못하였다. 또 기능적 시야검사(FFOV), 다중물체 추적과제(MOTT), 무주의 맹시검사(IBT)를 통해 단체와 개인 스포츠 종목 간 주의력 비교에서도 유의한 차이가 없었다[20].

4. 논의

본 연구의 목적은 스포츠 관련 인지기능과 이를 효과적으로 측정할 수 있는 검사도구를 제안하는 것이다. 문헌고찰 결과, 스포츠전문성이나 종목별 유의차가 가장 많이 나타난 인지기능은 실행기능, 정보처리속도, 공간능력, 주의력이었다.

실행기능은 본 문헌고찰의 57%를 차지하며 가장 많은 연구가 수행되었다. 실행기능은 자기 자신을 통제하고 목표 지향적인 행동을 달성하는데 필요한 고차원적 인지기능으로, 게임을 읽는 머리, 성공적 수행에 필수적 인지기능으로 불린다. 실행기능의 하위요인은 억제능력(inhibition), 작업기억(working memory), 인지유연성(cognitive flexibility), 계획과 문제해결(planning and problem solving) 등으로 구성된다. 본 연구에서 고찰된 스포츠관련 실행기능은 억제능력 46%, 작업기억 29%, 인지적 유연성 19%, 계획 및 문제해결 6%로 억제

능력과 작업기억에 대한 연구가 가장 많이 수행되었다.

억제능력은 계획되어 있거나 진행 중인 과정을 정지시킬 수 있는 능력으로[55], 변화하는 환경에 신속히 적응하고 부적절한 자극에 대한 반응을 억제해야 하는 스포츠 상황에서 필수적인 인지요소이다[46]. 억제능력 측정 검사도구 중 정지신호과제(SST)가 가장 많이 사용되었다. 이 과제는 고(go) 신호 이후 특정 기간 뒤에 정지신호가 제시되었을 때, 성공적으로 고 신호에 대한 반응을 억제하는 것이며, 고 신호에 대한 평균반응시간과 정지신호가 제시된 시간을 뺀 정지신호반응시간을 통해 억제능력을 평가한다[56]. 예측이 어렵고 환경이 끊임없이 변하는 스포츠 종목의 경우, 변화하는 자극에 효과적으로 반응하기 위해, 진행 중인 동작을 즉시 멈추고, 적합한 다른 반응을 신속히 적용할 수 있어야 한다. 이런 이유로 운동선수의 억제능력이 더 빠르고 정확하게 나타난다. 실제로 배구[7], 축구[3-5], 농구[37], 배드민턴[41], 펜싱과 태권도[46]와 같이 다양한 종목의 선수들이 비선수보다 억제능력이 더 좋은 것으로 나타나, 스포츠 인지기능로서 억제능력의 중요성을 지지한다.

인지 유연성(cognitive flexibility)은 상황에 맞게 반응을 전환하거나 새로운 상황에 맞게 지식을 재구성하는 능력을 말한다. 인지유연성은 신속하고 창의적 의사결정을 반영하는데[57], 이것이 게임을 읽는 머리이다. 투수가 적절한 볼 구질을 다양하고 창의적으로 선택하여 유리하게 게임을 이끌어 가기 위해서는 인지유연성이 필수적이다[43]. 인지유연성 측정을 위해 가장 많이 사용된 검사도구는 설계유연성검사(DFT)이다. 설계유연성 검사는 창의성, 인지유연성, 억제능력을 측정할 수 있다. 빈사각형 안에 위치한 5개의 흑점을 4개의 직선을 이용하여 연결하는 과제로, 정해진 시간 내 완성한 개수로 측정한다. 동일한 조건에서 더 신속하고, 다양하고 창의적인 방식으로 직선을 이어나갈 수 있는데, 이것이 시합상황에서 더 나은 게임운영을 위해 유연하게 반응하는 방식을 측정할 수 있다는 논리이다. 실제로 설계유연성 검사의 점수와 축구 선수들의 골 득점률과 유의한 상관성이 나타나, 인지유연성이 높을수록 골 득점률이 높아짐이 증명되었다[43]. 또 아이스하키[10]와 청소년 축구선수[43]들의 인지유연성이 비선수보다 높았을 뿐 아니라, 축구종목에서는 엘리트선수들의 인지유연성이 일반선수보다 뛰어난 것으로 나타나[1,3], 인지유연성이 선수들의 성공적 수행을 위한 예측 도구가 될 수 있을 것으로 보인다.

정보처리능 하나 혹은 여러 개의 자극에 대해 정확하고 신속하게 반응하는 능력으로, 가장 기초적 인지기능으

로 여겨진다. 정보처리속도를 측정하기 위해 주로 단순반응시간(SRT)과 선택반응시간(CRT)이 사용되며, 자극 제시와 운동반응까지 걸리는 정보처리시간을 측정한다[58]. 다양한 스포츠 종목이 얼마나 빠르고, 정확한지를 수행의 척도로 본다는 점과, 육상, 수영 등과 같은 기록경기는 자극부터 운동종료까지의 시간을 측정하기 때문에 반응시간이 스포츠 수행을 결정하는 핵심적 인지기능이 된다. 실제로 배구, 축구[42], 야구, 농구, 크로스컨트리, 체조, 축구, 수영, 육상, 테니스, 레슬링[20,23] 선수들의 반응시간이 비선수보다 짧았다. 특히 정보처리속도는 종목 특성에 따라 중요도가 달라질 수 있는데, 반응시간이 특히 중요한 단거리 육상선수들의 선택반응시간이 배구 선수보다 빠르고[42], 축구 같은 전략 스포츠 종목 선수들의 정보처리속도가 사격, 양궁 같은 정적 스포츠 종목 선수보다 빨랐다[13]. 또 인터셉티브 스포츠의 경우 선수 경력이 길수록 정보처리 속도가 더 빠르지만, 정적 스포츠의 경우 도리어 경력이 길수록 정보처리속도는 느려졌다[16]. 이러한 결과는 정보처리속도가 선수들의 특화된 스포츠관련 인지기능이며, 그 중요도는 종목에 따라 다른 것으로 보인다.

공간능력은 특정 공간에서 시각적 정보를 탐색, 유지, 변환하는 능력으로[59], 공간지각, 공간시각화, 심적회전 능력으로 구분된다. 그 중에서 심적회전능력은 일상적이지 않는 방향으로 제시된 2, 3차원의 자극을 심적으로 회전하는 능력으로[60], 공간지각의 필수불가결한 요인이며 심적회전검사(MRT)로 측정 가능하다. 최근 메타분석에서도 심적회전과 같은 공간능력이 스포츠 전문성의 중요한 요인인 것으로 밝혀졌다[61]. 예를 들어, 풋볼선수나 다이빙, 체조 선수들에게 특정 각도로 몸을 돌린 후에도 자신을 포함한 상대의 방향을 정확히 인지해내는 것은 경기력에 매우 중요하다. 따라서 정신적으로 동작을 조작할 수 있는 능력은 운동수행력의 의미있는 예측인자가 될 수 있다[62]. 실제로 배구[35], 다이빙[40], 체조와 오리엔티어링 선수들이 비선수[28]보다 심적회전과제에 더 빠르게 반응하는 등 공간능력이 뛰어난 것으로 나타나 Hoyek 등[62]의 주장을 지지하였다.

주의력은 과제수행을 위해 관련이 적은 정보는 무시하면서, 관련이 높은 정보에 선택적으로 주의할 수 있는 능력으로, 스포츠 시합 현장에서 성공적 수행을 위해 필수적인 인지기능 중 하나이다[63]. 주의연합(attention network) 이론에 의하면[64], 주의력은 경고적 주의, 방향적 주의, 실행적 주의로 구분된다. 경고적 주의(alerting attention)는 적절한 각성 상태를 유지하는 능

력, 방향적 주의(orienting attention)는 다양한 감각 자극으로부터 적절한 정보를 선택하는 능력[65], 실행적 주의(executive attention)는 적절한 반응을 위해 부적절한 정보는 무시하고 적절한 정보에 주의를 선택적으로 할당하는 능력을 의미한다[66]. 이러한 주의력은 운동수행을 위해서도 필수적인데, 실제로 축구 선수의 경고적 주의력이[4], 수영, 펜싱, 농구 선수들의 방향적 주의력이[37], 배드민턴 선수들의 실행적 주의력이 동일연령대의 비선수보다 우수하였다[12]. 이상의 세가지 경고적 주의, 방향적 주의, 실행적 주의의 측정을 위해서 본 문헌고찰에서도 주의연합검사(ANT)가 사용되었고, 주의력 측정을 위해 해당 검사가 가장 적절한 것으로 보인다.

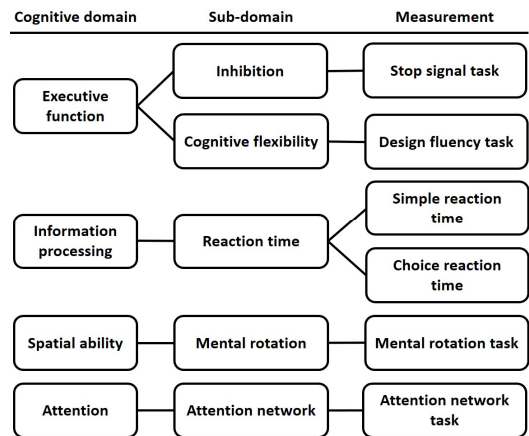


Fig. 2. Theoretical model of sport-related cognitive functions

5. 결론 및 제언

스포츠 수행과 관련된 주요 인지기능은 실행기능, 정보처리속도, 공간능력, 주의력으로 요약된다. 스포츠 전문성과 관련하여 가장 많은 연구가 수행된 실행기능에서는 억제능력과 인지유연성이 핵심요인이다. 억제능력은 정지신호과제, 인지유연성은 설계유연성검사, 정보처리속도는 단순반응검사와 선택반응검사, 주의력은 경고적 주의, 방향적 주의, 실행적 주의를 측정할 수 있는 주의연합검사가 적합한 것으로 보인다. 공간능력은 심적회전검사를 목적에 맞게 사람모양이나 도형을 선택하여 사용하는 것을 추천한다.

2008~2020년까지 스포츠 관련 인지기능에 대한 총 45편의 연구를 고찰하였다. 연구대상 선수의 종목, 성별,

기술수준, 조사한 인지기능과 검사도구가 연구마다 다르기 때문에, 본 문헌고찰만으로 종목별 주요 스포츠 인지 기능에 대한 결론을 내리기 어렵다. 따라서 후후연구에서는 스포츠 인지기능과 검사도구를 체계적으로 사용하여 종목별 주요 인지기능을 탐색해 보는 것이 중요하겠다. 또 선수들의 특정 인지기능에 대한 우수성이 타고난 것인지, 아니면 장기간의 운동훈련의 결과인지 파악하기 위해 체계적인 증재연구나 종단연구가 필요하다. 또한 스포츠 관련 인지기능이 경기력 예측도구로서의 가능성을 딥러닝과 같은 최근 분석기술을 활용해 검증해 볼 필요가 있다. 스포츠 인지기능이 경기력의 주요 예측인자라면, 해당 인지기능을 높여주는 훈련이 수행력 향상에 도움이 될 수 있을 뿐 아니라, 해당 인지기능을 선수선발 기준에 포함시켜 우수선수 조기선발이 가능해지기 때문이다.

REFERENCES

- [1] T. Vestberg, R. Gustafson, L. Maurex, M. Ingvar & P. Petrovic. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS One*, 7(4), e34731. DOI : 10.1371/journal.pone.0034731
- [2] Nippon Hoso Kyokai[NHK]. (2014). *Miracle body*[Video file]. Retrieved from <https://www.nhk.or.jp/special/miraclebody/about/ind ex.html>
- [3] B. C. Huijgen et al. (2015). Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLoS One*, 10(12), e0144580. DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144580>
- [4] L. Verburgh, E. J. Scherder, P. A. van Lange & J. Oosterlaan. (2014). Executive functioning in highly talented soccer players. *PLoS One*, 9(3), e91254. DOI : 10.1371/journal.pone.0091254
- [5] L. Verburgh, E. J. Scherder, P. A. Van Lange & J. Oosterlaan. (2016). Do Elite and Amateur Soccer Players Outperform Non-Athletes on Neurocognitive Functioning? A Study Among 8-12 Year Old Children. *PLoS One*, 11(12), e0165741. DOI : 10.1371/journal.pone.0165741
- [6] C. H. Wang et al. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PLoS One*, 8(2), e55773. DOI : 10.1371/journal.pone.0055773
- [7] H. Alves et al. (2013). Perceptual-cognitive expertise in elite volleyball players. *Frontiers in psychology*, 4, 36. DOI : 10.3389/fpsyg.2013.00036
- [8] G. Cona, A. Cavazzana, A. Paoli, G. Marcolin, A. Grainer, & P. S. Bisiacchi. (2015). It's a Matter of Mind! Cognitive Functioning Predicts the Athletic Performance in Ultra-Marathon Runners. *PLoS One*, 10(7), e0132943. DOI : 10.1371/journal.pone.0132943
- [9] V. Bianco, F. Di Russo, R. L. Perri & M. Berchicci. (2017). Different proactive and reactive action control in fencers' and boxers' brain. *Neuroscience*, 343, 260-268. DOI : 10.1016/j.neuroscience.2016.12.006
- [10] T. Lundgren, L. Högman, M. Näslund, & T. Parling. (2016). Preliminary Investigation of Executive Functions in Elite Ice Hockey Players. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 10(4), 324-335. DOI : 10.1123/jcsp.2015-0030
- [11] M. Schmidt, F. Egger, M. Kieliger, B. Rubeli & J. Schüller. (2016). Gymnasts and Orienteers Display Better Mental Rotation Performance Than Nonathletes. *Journal of Individual Differences*, 37(1), 1-7. DOI : 10.1027/1614-0001/a000180
- [12] B. Wang, W. Guo & C. Zhou. (2016). Selective enhancement of attentional networks in college table tennis athletes: a preliminary investigation. *PeerJ*, 4, e2762. DOI : 10.7717/peerj.2762
- [13] D. T. Y. Mann, A. M. Williams, P. Ward & C. M. Janelle. (2007). Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(4), 457-478. DOI : 10.1123/jsep.29.4.457
- [14] H. E. Scharfen & D. Memmert. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, 33(5), 843-860. DOI : 10.1002/acp.3526
- [15] M. W. Voss, A. F. Kramer, C. Basak, R. S. Prakash, & B. Roberts. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812-826. DOI : 10.1002/acp.1588
- [16] A. Yongtawee, & M. J. Woo (2017). The influence of gender, sports type and training experience on cognitive functions in adolescent athletes. *Exercise Science*, 26(2), 159-167. <http://www.riss.kr/link?id=A103227324>
- [17] D. Moher et al. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. DOI : 10.1186/2046-4053-4-1
- [18] R. M. Braga & R. Leech. (2015). Echoes of the Brain. *The Neuroscientist*, 21(5), 540-551. DOI : 10.1177/1073858415585730
- [19] G. Douaud et al. (2014). A common brain network links development, aging, and vulnerability to disease.

- Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(49), 17648-17653.
DOI : 10.1073/pnas.1410378111
- [20] H. Nakamoto & S. Mori (2008). Sport-specific decision-making in a Go/NoGo reaction task: difference among nonathletes and baseball and basketball players. *Perceptual and motor skills*, 106(1), 163-170.
DOI : 10.2466/pms.106.1.163-170
- [21] D. Memmert, D. J. Simons & T. Grimme. (2009). The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 10(1), 146-151.
DOI : 10.1016/j.psychsport.2008.06.002
- [22] P. Furley & D. Memmert. (2010). Differences in spatial working memory as a function of team sports expertise: the Corsi Block-tapping task in sport psychological assessment. *Perceptual and motor skills*, 110(3), 801-808.
DOI : 10.2466/pms.110.3.801-808
- [23] L. Chaddock, M. B. Neider, M. W. Voss, J. G. Gaspar & A. F. Kramer. (2011). Do athletes excel at everyday tasks? *Medicine and science in sports and exercise*, 43(10), 1920-1926.
DOI : 10.1249/MSS.0b013e318218ca74
- [24] J. S. Y. Chan, A. C. N. Wong, Y. Liu, J. Yu & J. H. Yan. (2011). Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(5), 509-514.
DOI : 10.1016/j.psychsport.2011.04.006
- [25] A. Cojocariu. (2011). Measurement of Reaction Time in Qwan Ki Do. *Biology of Sport*, 28(2), 139-143.
DOI : 10.5604/947454
- [26] P. Jansen, J. Lehmann & J. Van Doren (2012). Mental rotation performance in male soccer players. *PLoS One*, 7(10), e48620.
DOI : 10.1371/journal.pone.0048620
- [27] D. Moreau, J. Clerc, A. Mansy-Dannay & A. Guerrien. (2012). Enhancing Spatial Ability Through Sport Practice. *Journal of Individual Differences*, 33(2), 83-88.
DOI : 10.1027/1614-0001/a000075
- [28] P. Jansen & J. Lehmann (2013). Mental rotation performance in soccer players and gymnasts in an object-based mental rotation task. *Advances in cognitive Psychology*, 9(2), 92-98.
DOI : 10.2478/v10053-008-0135-8
- [29] P. Lesiakowski, T. Zwierko, & J. Krzepota. (2013). Visuospatial attentional functioning in amateur boxers. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 4(2), 141-144.
DOI : 10.5604/20815735.1090659
- [30] L. Nuri, A. Shadmehr, N. Ghotbi & B. Attarbashi Moghadam (2013). Reaction time and anticipatory skill of athletes in open and closed skill-dominated sport. *European journal of sport science*, 13(5), 431-436.
DOI : 10.1080/17461391.2012.738712
- [31] A. Cojocariu, & B. Abalasel. (2014). Does the reaction time to visual stimuli contribute to performance in judo. *Archives of Budo*, 10(1), 73-78.
- [32] J. Jacobson & L. Matthaeus. (2014). Athletics and executive functioning: How athletic participation and sport type correlate with cognitive performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(5), 521-527.
DOI : 10.1016/j.psychsport.2014.05.005
- [33] C. H. Wang, C. L. Tsai, K. C. Tu, N. G. Muggleton, C. H. Juan & W. K. Liang. (2015). Modulation of brain oscillations during fundamental visuo-spatial processing: A comparison between female collegiate badminton players and sedentary controls. *Psychology of Sport and Exercise*, 16, 121-129.
DOI : 10.1016/j.psychsport.2014.10.003
- [34] M. Alesi, A. Bianco, G. Luppina, A. Palma & A. Pepi (2016). Improving Children's Coordinative Skills and Executive Functions: The Effects of a Football Exercise Program. *Perceptual and motor skills*, 122(1), 27-46.
DOI : 10.1177/0031512515627527
- [35] H. Heppel, A. Kohler, M. T. Fleddermann & K. Zentgraf. (2016). The Relationship between Expertise in Sports, Visuospatial, and Basic Cognitive Skills. *Frontiers in psychology*, 7, 904.
DOI : 10.3389/fpsyg.2016.00904
- [36] K. Martin et al. (2016). Superior Inhibitory Control and Resistance to Mental Fatigue in Professional Road Cyclists. *PLoS One*, 11(7), e0159907.
DOI : 10.1371/journal.pone.0159907
- [37] Z. F. Yao. (2016). *Diversity and Commonality of Cognitive Profile among Static, Strategic and Interceptive Sports-Expertise*. Doctoral dissertation. National Central University, Taoyuan.
- [38] E. C. Chang et al. (2017). Relationship between mode of sport training and general cognitive performance. *Journal of Sport and Health Science*, 6(1), 89-95.
DOI : 10.1016/j.jshs.2015.07.007
- [39] C. N. Chiu, C. Y. Chen & N. G. Muggleton. (2017). Sport, time pressure, and cognitive performance. *Progress in Brain Research*, 234, 85-99.
DOI : 10.1016/bs.pbr.2017.06.007
- [40] T. Feng, Z. Zhang, Z. Ji, B. Jia & Y. Li. (2017). Selective Effects of Sport Expertise on the Stages of Mental Rotation Tasks With Object-Based and Egocentric Transformations. *Advances in Cognitive Psychology*, 13(3), 248-256.
DOI : 10.5709/acp-0225-x
- [41] K. F. Liao, F. W. Meng & Y. L. Chen. (2017). The relationship between action inhibition and athletic performance in elite badminton players and non-athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*,

- 12(3), 574-581.
DOI : 10.14198/jhse.2017.123.02
- [42] P. Lesiakowski, J. Krzepota & T. Zwierko. (2017). The Differentiation of Visual Sensorimotor Processes in the Representatives of Various Sport Disciplines. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 19, 43-53.
DOI : 10.18276/cej.2017.3-04
- [43] T. Vestberg, G. Reinebo, L. Maurex, M. Ingvar & P. Petrovic. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS One*, 12(2), e0170845.
DOI : 10.1371/journal.pone.0170845
- [44] C. H. Wang, C. T. Yang, D. Moreau & N. G. Muggleton (2017). Motor expertise modulates neural oscillations and temporal dynamics of cognitive control. *Neuroimage*, 158, 260-270.
DOI : 10.1016/j.neuroimage.2017.07.009
- [45] Q. Yu, C. C. H. Chan, B. Chau & A. S. N. Fu. (2017). Motor skill experience modulates executive control for task switching. *Acta psychologica*, 180, 88-97.
DOI : 10.1016/j.actpsy.2017.08.013
- [46] D. Brevers et al. (2018). Proactive and Reactive Motor Inhibition in Top Athletes Versus Nonathletes. *Perceptual and motor skills*, 125(2), 289-312.
DOI : 10.1177/0031512517751751
- [47] B. Krenn, T. Finkenzyler, S. Würth & G. Amesberger (2018). Sport type determines differences in executive functions in elite athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 38, 72-79.
DOI : 10.1016/j.psychsport.2018.06.002
- [48] F. Qiu, Y. Pi, K. Liu, X. Li, J. Zhang & Y. Wu. (2018). Influence of sports expertise level on attention in multiple object tracking. *PeerJ*, 6, e5732.
DOI : 10.7717/peerj.5732
- [49] F. W. Meng, Z. F. Yao, E. C. Chang & Y. L. Chen. (2019). Team sport expertise shows superior stimulus-driven visual attention and motor inhibition. *PLoS One*, 14(5), e0217056.
DOI : 10.1371/journal.pone.0217056
- [50] S. Pietsch, P. Jansen & J. Lehmann. (2019). The Choice of Sports Affects Mental Rotation Performance in Adolescents. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 224.
DOI : 10.3389/fnins.2019.00224
- [51] B. Holfelder, T. J. Klotzbier, M. Eisele & N. Schott. (2020). Hot and Cool executive function in elite- and amateur-adolescent athletes from open and closed skills sports. *Frontiers in Psychology*, 11, 694.
DOI : 10.3389/fpsyg.2020.00694
- [52] M. M. Shao, Y. H. Lai, A. M. Gong, Y. Yang, T. T. Chen & C. H. Jiang. (2020). Effect of shooting experience on executive function: differences between experts and novices. *PeerJ*, 8, e9802.
DOI : 10.7717/peerj.9802
- [53] M. Weigelt & D. Memmert (2020). The Mental Rotation Ability of Expert Basketball Players: Identifying On-Court Plays. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-9.
DOI : 10.1080/02701367.2020.1713289
- [54] M. Yu & Y. Liu. (2020). Differences in executive function of the attention network between athletes from interceptive and strategic sports. *Journal of Motor Behavior*, 1-12.
DOI : 10.1080/00222895.2020.1790486
- [55] A. R. Aron, T. W. Robbins & R. A. Poldrack (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 170-177.
DOI : 10.1016/j.tics.2004.02.010
- [56] F. Verbruggen & G. D. Logan (2009). Models of response inhibition in the stop-signal and stop-change paradigms. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(5), 647-661.
DOI : 10.1016/j.neubiorev.2008.08.014
- [57] G. Stratton, T. Reilly, D. Richardson & A. M. Williams. (2004). *Youth soccer: From science to performance*. Psychology Press.
- [58] S. Janssen (2015). *The Determinants of Reaction Times: Influence of Stimulus Intensity*. Master's thesis. University of Waterloo, Waterloo.
<http://hdl.handle.net/10012/10032>
- [59] D. F. Halpern. (2013). *Sex differences in cognitive abilities*. Psychology press.
- [60] R. N. Shepard & J. Metzler (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, 171(3972), 701-703.
DOI : 10.1126/science.171.3972.701
- [61] D. Voyer & P. Jansen (2017). Motor expertise and performance in spatial tasks: A meta-analysis. *Human Movement Science*, 54, 110-124.
DOI : 10.1016/j.humov.2017.04.004
- [62] N. Hoyek, S. Champely, C. Collet, P. Fargier & A. Guillot. (2014). Is Mental Rotation Ability a Predictor of Success for Motor Performance? *Journal of Cognition and Development*, 15(3), 495-505.
DOI : 10.1080/15248372.2012.760158
- [63] A. M. Williams, K. Davids & J. G. P. Williams (1999). *Visual perception and action in sport*. Taylor & Francis.
- [64] S. E. Petersen & M. I. Posner. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 73-89.
DOI : 10.1146/annurev-neuro-062111-150525
- [65] A. Raz & J. Buhle. (2006). Typologies of attentional networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 367-379.
DOI : <https://doi.org/10.1038/nrn1903>
- [66] M. I. Posner & M. K. Rothbart. (2007). Research on Attention Networks as a Model for the Integration of Psychological Science. *Annual Review of Psychology*, 58(1), 1-23.
DOI : 10.1146/annurev.psych.58.110405.085516

용타위 아차랏(Atcharat Yongtawee) [정회원]



- 2019년 2월 : 울산대학교 체육학과(체육학박사)
- 2019년 ~ 현재 : 태국 문화체육관광부 연구 및 개발부 책임자
- 관심분야 : 인지기능, EEG, 스포츠심리학
- E-Mail : atcharat.y@dpe.go.th

박진한(Jin-Han Park) [정회원]



- 2018년 8월 : 서울대학교 체육교육과(체육학석사)
- 2020년 ~ 현재 : 울산대학교 연구원
- 관심분야 : 운동 제어, EEG, 인지행동신경과학
- E-Mail : Hans89@outlook.kr

우민정(Min-Jung Woo) [정회원]



- 2008년 12월 : Department of Kinesiology, University of Maryland (운동학박사)
- 2010년 ~ 현재 : 울산대학교 스포츠과학부 교수
- 관심분야 : 인지행동신경과학, 스포츠 및 운동 생리심리학

· E-Mail : mjwoo@ulsan.ac.kr