



Original Article

Differences in ACTN3 Genotype in Professional Ssireum Players Between Weight Classes and Elite/Non-Elite Status

Seok-ki Min¹, Tae-whan Kim², Tae-hyun Lee³, Tae-woong Oh⁴ and Kwang-kyu Lee^{5*}

¹Department of Sports Science, Korea Institute of Sport Science(Yongin University)

²Department of Sports Science, Korea Institute of Sport Science

³Department of Martial Sports, Yongin University

⁴Department of Sports and Leisure Studies, Yongin University

⁵Department of Sports Rehabilitation, Chung-cheong University

Article Info

Received 2024. 02. 08.

Revised 2024. 06. 05.

Accepted 2024. 06. 07.

Correspondence*

Kwang-kyu Lee

kwangkyyu78@hanmail.net

Key Words

Ssireum, ACTN3, Genotype

PURPOSE This study aimed to identify ACTN3 gene polymorphisms among professional ssireum players by weight class and between elite and non-elite players, and to select genotype that matches the characteristics of the sport. **METHODS** The subjects of this study were 148 male athletes currently working as professional ssireum players. Chi-square test cross-tabulation analysis was conducted to examine the differences in ACTN3 genotypes between weight classes and between elite and non-elite players. **RESULTS** There were no significant differences in allele or genotype between ssireum players, but there were significant differences in R-allele and XX genotype. **CONCLUSIONS** Players with the R-allele type of the ACTN3 gene were more often classified as elite. Using this marker as a basis for organizing a player selection and training programs would be more effective in training those that match the characteristics of elite players of the game.

서론

대부분의 선수들은 훈련 및 시합 시 다수의 부정적인 상황에 의한 경기력 저하를 경험하게 되며, 이는 경기의 승-패뿐 아니라 장기적으로는 슬럼프를 유발하는 원인으로 작용하게 된다. 이를 개선하기 위해 해외에서는 스포츠과학의 적용이 활발하게 이루어지고 있으며, 최근까지 국내에서도 다양한 스포츠 종목의 경기력 관련 연구들이 진행되고 있음을 확인할 수 있다. 이런 연구들은 근거중심적인 정보를 제공함으로써 경험적 지식에서 나타날 수 있는 문제를 최소화하고 선수들의 체력 개선 및 선수선발에 도움을 주지만 대부분이 생활체육 및 인기 종목에 국한되어 있어 이외의 종목들은 여전히 경기력 향상에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 그러므로 비인기 종목에서 경기력 향상을 위한 스포츠과학의 적용이 필요함을 알 수 있다.

한국의 전통 무예인 씨름은 주로 대근육을 활용한 스포츠 종목으로 두 사람이 힘을 겨루어 상대방의 무릎 이상의 신체가 먼저 모래판에 닿게 되면 승리하게 된다(Lee & Lee, 1999). 이런 씨름에서 승패

를 위한 가장 중요한 체력은 근력이지만 상대방의 기술에 대처하기 위한 민첩성 및 유연성, 승패가 나지 않을 경우 장시간의 체력 소모가 발생함으로 지구력까지 필요로 하게 된다(Jung & Kim, 2020). 이외에도 다양한 기술 및 체격 또한 경기력에 큰 영향을 미치고 있는데, 특히 체격은 체중과 관련이 있으며, 종목 특성상 체중은 근육량과 연관되기 때문에 씨름에서는 태백, 금강, 한라, 백두의 4체급으로 구분하여 시합을 진행하고 있다(Kim et al., 2019; Park et al., 2009). 이런 체급 구분을 통하여 경기력에 가장 큰 영향을 미치는 근력 요인을 배제시킬 수 있으며, 선수들은 자신과 유사한 힘과 기술을 발휘하는 상대방과 겨룰 수 있게 된다. 그러나 근력 및 파워의 경우 근육량 이외에도 근섬유 종류에 따라 발현 정도의 차이가 발생되며(Wilson et al., 2012), 특히 다양한 연구에서는 유전학적 형질이 근력 및 파워 차이의 원인으로 제시되고 있어 종목에 맞는 선수 선발 및 훈련프로그램 구성을 위해서는 유전자 검사와 같은 연구의 진행이 필요함을 알 수 있다(Cho & Kim, 2013; Kang & Lee, 2022; Lee et al., 2022).

현재까지 알려진 유전자다형은 200여 개가 넘는 것으로 보고되었으며(Bray et al., 2009), 이런 유전적 형질의 차이는 스포츠 종목의 경기력에 약 66%까지 영향을 미치는 것으로 나타났다(De Moor et al., 2007). 이런 차이를 확인하기 위해 활용되는 대표적

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인 유전자다형은 α -actinin-3(ACTN3) R577X로 이는 골격근 섬유 중 근절(sarcomere)의 Z-라인을 구성하는 주된 성분이며, Type II 섬유에서만 관찰되어 근력 및 파워를 분류하는데 중요한 지표로 활용되고 있다(Lee et al., 2022). ACTN3 유전자 중 R allele 및 RR genotype은 파워 관련 종목 선수들에서 높은 비율을 차지하며, XX genotype은 지구성 종목의 선수들에서 쉽게 관찰되는 것으로 보고되고 있다(Cho & Kim, 2013; Kang & Lee, 2022). 선행연구에서도 R allele를 보유한 선수군에서 XX genotype의 선수들보다 파워 및 스프린트 능력이 유의하게 높은 것으로 나타났으며(Druzhevskaya et al., 2008; Pickering & Kiely, 2017), XX genotype의 선수들은 유산소 지구성 능력에 특화되어 있는 것으로 보고되고 있다(Yang et al., 2009). 이런 유전적 정보는 우수 선수 선발 및 맞춤형 훈련 프로그램의 구성 시 객관적 정보를 제공해 주는 근거자료로 활용될 수 있을 것이다. 그러나 이러한 이점에도 불구하고 현재까지 씨름과 관련된 스포츠과학 연구는 매우 부족하며, 이런 연구 부재로 인하여 종목 및 선수들의 체력 관련 유전학적 특성 또한 확인되고 있지 않은 실정이다.

그러므로 본 연구는 씨름 선수를 대상으로 ACTN3 유전자 다형을 관찰함으로써 체급 간 또는 우수·비우수 선수 간에 차이가 있는지 검증하는데 목적이 있다.

연구방법

연구대상

본 연구는 현재 프로 씨름 선수로 활동 중인 남자 선수 171명을 대상으로 실시되었다. 측정 전 모든 참가자를 대상으로 연구 목적 및 절차에 대하여 설명하였으며, 실험에 동의한 선수들을 대상으로 참가동의서를 받았다. 실험에 동의한 참가인원은 148명이었으며, 선수들의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

유전자 다형성 분석

본 연구에서는 씨름 선수들의 ACTN3 유전자 다형성을 확인하기 위해 구강상피세포를 추출하여 분석하였다.

1. 세포 채취 및 DNA 추출

DNA는 참가자의 구강상피세포에서 추출하였다. DNA 추출 전 구강 내 이물질 제거를 위해 2회 이상 입안을 헹군 후 살균면봉(Single Warpped, COPAN, CA, USA)으로 구강 내 표면을 15~20초정도 회전시켜 채취하였다. 채취된 상피세포는 solution(DNA lysis solution 400 μ l)이 담긴 1.5ml tube에 침전시킨 후 95 $^{\circ}$ C에서 3분간 incubation을 실시하였다. 이후 400 μ l의 DNA stabilizing solution을 첨가하고 분석 전까지 냉장(4 $^{\circ}$ C) 보관하였다.

2. Polymerase Chain Reaction(PCR)

PCR은 probe 형식인 TaqMan Probe법으로 분석하였다. TaqMan GTXpress Master Mix, TaqMan genotyping assay mix(rs 1815739, Pre-Designed SNP Genotyping assays: Applied Biosystems, USA), DNase-free water를 각각 혼합 후 DNA(1.5 μ l)를 첨가하여 최종 볼륨(10 μ l)에 맞추었다. DNA증폭은 Thermal Cycler(7500, Applied Biosystem, USA)을 이용하였으며, Holding(DNA polymerase activation), Cycling(Denature, Anneal/extend)의 순서로 진행되었다.

3. ACTN3 유전자 다형 분류

유전자 분류는 유전자 다형 분석프로그램(7500 Software Ver 2.3, Applied Biosystem, USA)을 이용하였다. PCR 시 오류 방지를 위해 매회 DNA가 미첨가된 Negative Control과 이미 분석된 Positive Control(분석된 DNA: RR/RX/XX)을 첨가하여 분석을 진행하였다.

자료 분석

본 연구의 모든 자료는 SPSS(Ver.25)를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 검출된 유전자 다형은 ① 체급 간 차이, ② 1~3위 선수(Top Ranker: TR)와 이외의 선수들(Other Player: OP)의 차이를 알아보기 위해 카이제곱 검정(χ^2 -test) 교차분석(cross tabulation analysis)을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

연구 결과

씨름 선수들의 체급 별 ACTN3 R577X 다형성 비교

태백, 금강, 한라, 백두 4체급에 대한 ACTN3 유전자의 R577X 다형성은 <Table 2>에 제시하였다. 체급별 RR, RX, XX genotype에 대한 분류는 태백의 경우 23%, 40% 및 37%가 나타났으며, 금강 45%, 35%, 19%, 한라 33%, 47%, 20%, 백두 29%, 54%, 17%인 것으로 나타났다. 체급별 genotype은 RR 또는 RX형의 비율이 높은 것으로 나타났지만, 통계적으로 유의미한 결과는 나타나지 않았다($\chi^2=10.485$, $df=6$, $p=.106$). 또한, R·X 대립유전자를 비교한 결과 태백 45%, 55%, 금강 60%, 40%, 한라 55%, 45%, 백두 54%, 46%인 것으로 나타났으며, 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다($\chi^2=3.174$, $df=3$, $p=.366$).

각 체급에서 TR 선수와 OP 선수들의 ACTN3 유전자의 R577X 다형성은 <Table 3>에 제시하였다. TR 선수들의 RR, RX, XX

Table 1. Characteristic subjects (Mean \pm SD)

Category	Height (cm)	Weight (kg)	Age (years)	Career (years)
Taebaek (n=52)	175.8 \pm 4.49	80.7 \pm 1.58	26.9 \pm 4.44	15.4 \pm 4.17
Geumgang (n=42)	179.7 \pm 4.00	90.9 \pm 1.82	27.8 \pm 5.03	16.8 \pm 5.44
Halla (n=30)	182.5 \pm 4.01	105.8 \pm 1.91	27.5 \pm 5.61	15.6 \pm 5.71
Baekdu (n=24)	188.8 \pm 4.83	137.9 \pm 5.43	29.9 \pm 5.30	18.6 \pm 5.04
Sum \pm SD (n=148)	180.4 \pm 6.17	97.9 \pm 19.99	27.7 \pm 5.05	16.4 \pm 5.11

※ SD: Standard Deviation

genotype에 대한 분류는 35%, 48%, 17%인 것으로 나타났으며, OP 선수들은 31%, 36%, 33%로 나타났다. TR 선수들은 RR 또는 RX가 높은 것으로 나타났지만, 통계적 유의차는 없었으며, OP 선수들에서는 각각의 genotype의 분포가 유사한 것으로 나타났다($\chi^2=5.041$, $df=2$, $p=.080$). R·X 대립유전자에서는 TR 선수의 경우 56%, 44%, OP 선수들의 경우 49%, 51%로 분포되어 통계적 유의차가 없는 것으로 나타났다($\chi^2=.850$, $df=1$, $p=.357$).

각 체급에 따른 대립유전자 및 유전자형 비교는 <Table 4>와 같다. 체급별 R-allele와 XX genotype의 분포 비교는 태백 63%, 37%, 금강 79%, 21%, 한라 80%, 20%, 백두 83%, 17%인 것으로 나타났으며, 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다($\chi^2=5.140$, $df=3$, $p=.162$). 체급별 RR genotype과 X-allele의 분포 비교는 태백 23%, 77%, 금강 48%, 52%, 한라 33%, 67%, 백두 29%, 71%로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다($\chi^2=5.140$, $df=3$, $p=.162$).

순위에 따른 TR 선수와 OP 선수들의 R-allele와 XX genotype의 분포 비교는 <Table 5>와 같다. 순위별 TR 83%, 17%, OP 66%, 34%로 나타났으며, TR 선수들에서 OP 선수들에 비해 유의

미한 결과가 있는 것으로 나타났다($\chi^2=5.545$, $df=1$, $p=.019$). RR genotype과 X-allele의 분포 비교는 TR 35%, 65%, OP 32%, 68%로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다($\chi^2=.167$, $df=1$, $p=.683$).

논의

유전적 정보를 통하여 알 수 있는 운동수행 관련 유전자는 약 48개로 근력 및 파워 유전자는 18개, 지구성은 27개, 두 가지 특성이 모두 포함된 유전자는 3개 정도인 것으로 보고되고 있다(Bray et al., 2009). 이들 중 ACTN3는 속근 섬유에서 발현되는 α -actinin-3의 합성을 유도하며, 이는 세포내 골격 역할, 근 수축 시 근원섬유 배열 유지 등의 역할을 하며 구조적인 안정성 확보에 도움을 주고 있다(Oh & Oh, 2011). 특히 α -actinin-3는 Type II 섬유에서 특이적으로 발현되며, Type II 섬유의 특성에 맞게 파워 및 최대근력과 같은 근수축 시 특징적으로 동원된다(Cho & Kim, 2013). RR genotype의 경우 Type II 섬유에서 ACTN3 유전자의 발현이 나

Table 2. Rate of ACTN3 gene polymorphism by weight classes

Category	Genotype			Allele	
	RR	RX	XX	R	X
Taeback	12(23)	21(40)	19(37)	33(45)	40(55)
Geumgang	20(48)	14(33)	8(19)	34(60)	22(40)
Halla	10(33)	14(47)	6(20)	24(55)	20(45)
Backdu	7(29)	13(54)	4(17)	20(54)	17(46)
Sum	49(32)	62(43)	37(25)	111(53)	99(47)
	$\chi^2=10.485$, $df=6$, $p=.106$			$\chi^2=3.174$, $df=3$, $p=.366$	

Table 3. Comparison of ACTN3 gene polymorphism by ranking

Category	Genotype			Allele	
	RR	RX	XX	R	X
TR	26(35)	36(48)	13(17)	62(56)	49(44)
OP	23(31)	26(36)	24(33)	49(49)	50(51)
Sum	49(33)	62(42)	37(25)	111(53)	99(47)
	$\chi^2=5.041$, $df=2$, $p=.080$			$\chi^2=.850$, $df=1$, $p=.357$	

※ TR: Top Ranker, OP: Other Player

Table 4. Comparison of allele & genotype by weight classes

Category	Allele & Genotype		Genotype & Allele	
	R-allele	XX	RR	X-allele
Taeback	33(63)	19(37)	12(23)	40(77)
Geumgang	33(79)	9(21)	20(48)	22(52)
Halla	24(80)	6(20)	10(33)	20(67)
Backdu	20(83)	4(17)	7(29)	17(71)
Sum	110(74)	38(26)	49(33)	99(67)
	$\chi^2=5.140$, $df=3$, $p=.162$		$\chi^2=.6525$, $df=3$, $p=.089$	

Table 5. Comparison of allele & genotype by ranking

N(%)

Category	Allele & Genotype		Genotype & Allele	
	R-allele	XX	RR	X-allele
TR	62(83)	13(17)	26(35)	49(65)
OP	48(66)	25(34)	23(32)	50(68)
Sum	110(74)	38(26)	49(33)	99(67)
		$\chi^2=5.545, df=1, p=.019$		$\chi^2=.167, df=1, p=.683$

※ TR: Top Ranker, OP: Other Player

타나 파워 종목 선수들에게 긍정적인 영향을 주며, XX 유전자형은 지구성 종목 선수들의 수행력에 영향을 미치므로 두 유전자의 생리학적, 생화학적 차이가 존재함을 알 수 있다(Pickering & Kiely, 2017). 이러한 정보를 기초로 씨름의 분포되어 있는 유전자 형태를 파악하고 체급별, 우수·비우수 선수 간 유전자 차이가 있는지 타진해 보고자 하였다.

본 연구에서 체급별 ACTN3 genotype을 비교한 결과 통계적 유의차는 나타나지 않았으며($p=.106$), 체급별 우수·비우수 선수를 분류한 ACTN3 genotype에서도 유의차는 없는 것으로 나타났다($p=.080$). 선행연구에서 씨름의 주요 체력 요인은 최대근력으로 정의하였으며, 이를 기초로 민첩성과 순발력의 개선이 필요하다고 제시하였다(Kim et al., 2019; Park et al., 2009). ACTN3 관련 연구에서는 RR, RX의 유전형질이 파워 및 근력에 긍정적인 영향이 있는 것으로 보고하였으나(Carvalho et al., 2013; Kim et al., 2014), 본 연구에서는 씨름 선수들의 유전형질 간 차이를 관찰할 수 없었다. 이는 유럽 스피리트 및 파워 관련 선수들은 ACTN3 RR, RX 유전자의 비율이 높은 것으로 나타났지만, 아시아인은 상대적으로 관련성이 적은 것으로 보고한 선행연구의 내용과 일치한다(Kikuchi et al., 2016). 또한, 동양인은 다른 인종에 비해 XX genotype의 비율이 높은 만큼 다양한 파워 및 스피드 관련 종목에서 관찰될 수 있다(Scott et al., 2010; Yang et al., 2007). Yang et al.(2023)의 연구에서도 엘리트 남자 축구선수를 대상으로 스피드 관련 요인들을 관찰한 결과 선수들의 경기력과 상관없이 RR 유전자형의 분류에서는 통계적 유의차가 없는 것으로 보고하였다. 이와 같이 선수들의 경기력은 선천적 요인도 중요하지만 선수들의 기술 및 체력의 복합적인 상호작용으로 결정되는 것임을 알 수 있으며(Bouchard & Hoffman, 2011), 종목의 유전자 특성은 참여 인원, 인종, 환경 및 체급의 영향을 받기에 본 연구에서와 같이 유전자의 편중된 형태는 나타나지 않은 것으로 여겨진다(Eynon et al., 2013).

대립유전자와 유전자형을 비교한 결과에서는 체급 비교 시 R-allele과 XX genotype, RR genotype과 X-allele에서는 유의차가 나타나지 않았다($p=.162, p=.089$). 우수·비우수 선수 비교 시 RR genotype과 X-allele에서는 유의차가 나타나지 않았지만($p=.683$), R-allele과 XX genotype에서는 통계적 유의차가 있는 것으로 나타났다($p=.019$). Kikuchi et al.(2013)의 연구에 의하면 R-allele를 보유한 선수들이 XX genotype의 선수들과 비교 시 무산소성 파워가 높은 것으로 나타났으며, Moran et al.(2007)의 연구에서는 R-allele의 특성이 있는 실험군이 XX genotype의 특성이 있는 비교군보다 스피리트 능력이 뛰어난 것으로 보고하였다. 일본 레슬링 선수를 대상으로 진행된 유전자 연구에서도 경기력이 높은 선수일

수록 R-allele의 특성이 나타났으며, 반대로 경기력이 낮은 선수일수록 XX genotype의 특성을 보유한 것으로 보고하였다(Kikuchi et al., 2013). 또한, 국내에서도 엘리트 파워 지향성 선수들을 대상으로 실시된 연구에서 일반인과 비교 시 R-allele 특성이 높은 것으로 나타나 본 연구의 결과와 일치함을 알 수 있으며(Min et al., 2015), 이는 씨름 선수들의 경기력과 관련하여 긍정적인 영향을 줄 수 있는 유전자 형태는 R-allele임을 예측할 수 있다.

결론적으로 본 연구에서는 씨름 선수들의 체급 및 우수·비우수를 결정짓는 allele 또는 genotype을 탐색하는 것이 목적이었다. 이에 ACTN3 R577X polymorphism을 조사한 결과 genotype 또는 allele의 단순 비교에서는 씨름 선수들의 특징을 관찰할 수 없었지만, genotype과 allele의 비교 시 R-allele가 씨름 선수들의 경기력에 긍정적인 영향을 미치는 유전자 형태임을 제시하는 연구 결과를 도출할 수 있었다.

하지만 본 연구에서는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 씨름은 현재 생활체육의 활성으로 많은 여성들이 참여하고 있으며, 여자 씨름단이 출범하면서 인기 또한 상승하고 있는 추세이다. 유전자 검사와 관련하여 선행연구에서는 ACTN3 genotype의 경우 성별에 따른 차이가 발생할 수 있다는 결과가 제시되기에(Min et al., 2015; Moran et al., 2007), 추후에는 여자 피험자를 대상으로 한 대규모 집단 연구가 진행되어야 할 것으로 여겨진다.

결론 및 제언

본 연구는 현재 활동 중인 프로씨름 선수들의 ACTN3 유전자의 차이를 검증한 연구로써 다음과 같은 결론을 제시하고자 한다. 첫째, 본 연구에서 관찰한 프로씨름 선수들의 ACTN3 유전자는 체급 내 선수분포에 차이가 없는 것으로 나타나 씨름 종목의 체급 간 특성을 분류하는 기준으로 사용하기에는 관련성이 없을 것으로 여겨진다. 둘째, ACTN3 유전자의 RR, RX, XX를 기준으로 우수·비우수 선수를 비교 시 차이가 없는 것으로 나타나 ACTN3 R577X 다형성의 단순 비교로는 우수·비우수 선수의 분류가 어려울 것으로 여겨진다. 셋째, ACTN3 유전자의 allele와 genotype을 비교한 결과 체급 간의 차이는 없는 것으로 나타났지만, 우수·비우수 선수 비교 시 R-allele와 XX genotype의 차이가 있는 것으로 나타나 우수 씨름 선수들의 유전자 분포가 R-allele 비율이 높음을 알 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 ACTN3 유전자를 활용하여 우수·비우수 선수의 차이를 확인하였고, 이는 훈련프로그램 구성 및 후인 양성을 위한 근거자료로 활용될 수 있을 것이다. 추후에는 성별에 따른 차이 검증을 위해 여자

씨름 선수의 ACTN3 유전자 검사가 진행되어야 할 것이며, ACTN3 유전자 이외의 다양한 유전자의 복합적인 검사를 통하여 다중유전자 다형성이 씨름 선수들의 경기력에 미치는 영향에 대해 살펴보아야 할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: Seok-ki Min, Kwang-kyu Lee, Data curation: Seok-ki Min, Kwang-kyu Lee, Formal analysis: Kwang-kyu Lee, Methodology: Seok-ki Min, Tae-woong Oh, Projectadministration: Seok-ki Min, Visualization: Kwang-kyu Lee, Writing-original draft: Seok-ki Min, Kwang-kyu Lee, Writing-review & editing: Seok-ki Min, Tae-whan Kim, Tae-hyun Lee, Tae-woong Oh and Kwang-kyu Lee

참고문헌

- Bouchard, C., & Hoffman, E. P. (2011).** Genetic and molecular aspects of sports performance. Blackwell Publishing Ltd. <https://stillmed.olympics.com/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Encyclopaedia/2011>
- Bray, M. S., Hagberg, J. M., Pérusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., Wolfarth, B., & Bouchard, C. (2009).** The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*(1), 34-72.
- Carvalho, M. R. S., Garcia, E. S., & De Paz Fernandez, J. A. (2013).** Effect of ACTN3 gene on strength and endurance in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(12), 3286-3292.
- Cho, J.-Y., & Kim, C.-H. (2013).** Polygenic association of ACE ID and ACTN3 R577X polymorphisms with Korean endurance status. *The Korean Journal of Physical Education*, *52*(5), 739-752.
- De Moor, M. H. M., Spector, T. D., Cherkas, L. F., Falchi, M., Hottenga, J. J., Boomsma, D. I., & De Geus, E. J. C. (2007).** Genome-wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. *Twin Research and Human Genetics*, *10*(6), 812-820.
- Druzhevskaya, A. M., Ahmetov, I. I., Astratenkova, I. V., & Rogozkin, V. A. (2008).** Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(6), 631-634.
- Eynon, N., Hanson, E. D., Lucia, A., Houweling, P. J., Garton, F., North, K. N., & Bishop, D. J. (2013).** Genes for elite power and sprint performance: ACTN3 leads the way. *Sports Medicine*, *43*(9), 803-817.
- Jung, J.-H., & Kim, S.-E. (2020).** A comparison of physical fitness of high school Ssireum elite-players according to their weight class. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, *21*(12), 162-169.
- Kang, B., & Lee, J. (2022).** Study on the distributions of R577X polymorphism in ACTN3 gene and L/S polymorphism in 5-HTT gene of Korean Kendo players. *Journal of Converging Sport and Exercise Sciences*, *20*(2), 253-265.
- Kikuchi, N., Miyamoto-Mikami, E., Murakami, H., Nakamura, T., Min, S.-K., Mizuno, M., ... & Fuku, N. (2016).** ACTN3 R577X genotype and athletic performance in a large cohort of Japanese athletes. *European Journal of Sport Science*, *16*(6), 694-701.
- Kikuchi, N., Ueda, D., Min, S., Nakazato, K., & Igawa, S. (2013).** The ACTN3 XX genotype's underrepresentation in Japanese elite wrestlers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(1), 57-61.
- Kim, H., Song, K.-H., & Kim, C.-H. (2014).** The ACTN3 R577X variant in sprint and strength performance. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, *18*(4), 347-353.
- Kim, M.-G., Kwon, T.-Y., & Kim, Y.-W. (2019).** Analysis of the performance and skills of Ssireum players according to height difference. *The Korea Journal of Sports Science*, *28*(1), 1299-1308.
- Lee, J.-K., Lee, Y.-S., & Kang, B.-Y. (2022).** The distributions of the R577X polymorphism of ACTN3 gene and the Val158Met polymorphism of COMT gene in throwing athletes. *The Korea Journal of Sports Science*, *31*(2), 611-623.
- Lee, M. K., & Lee, S. I. (1999).** A study on muscle strength and cardiorespiratory of senior high school Ssireum wrestlers. *Journal of Sport and Leisure Studies*, *12*, 595-601.
- Min, S., Lim, S.-T., Song, H.-S., Kim, K.-J., & Seo, T.-B. (2015).** The difference of anaerobic power based on muscle power sports athletes in ACTN3 genotype. *Korean Journal of Sport Science*, *26*(3), 461-468.
- Moran, C. N., Yang, N., Bailey, M. E. S., Tsiokanos, A., Jamurtas, A., MacArthur, D. G., ... & Wilson, R. H. (2007).** Association analysis of the ACTN3 R577X polymorphism and complex quantitative body composition and performance phenotypes in adolescent Greeks. *European Journal of Human Genetics*, *15*(1), 88-93.
- Oh, S.-L., & Oh, S.-D. (2011).** Association of the ACTN3 gene Q523R polymorphism with exercise performance. *The Korea Journal of Sports Science*, *20*(1), 755-764.
- Park, S.-H., Kim, K., & Huh, Y. (2009).** College Ssireum player's strength profile and performance predictions. *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*, *11*(1), 213-225.
- Pickering, C., & Kiely, J. (2017).** ACTN3: More than just a gene for speed. *Frontiers in Physiology*, *18*, 1080.
- Scott, R. A., Irving, R., Irwin, L., Morrison, E., Charlton, V., Austin, K., ... & Pitsiladis, Y. P. (2010).** ACTN3 and ACE genotypes in elite Jamaican and US sprinters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *42*(1), 107-112.
- Wilson, J. M., Loenneke, J. P., Jo, E., Wilson, G. J., Zourdos, M. C., & Kim, J.-S. (2012).** The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(6), 1724-1729.
- Yang, N., Garton, F., & North, K. (2009).** α -actinin-3 and performance. In M. Collins (Ed.), *Genetics and sports* (pp. 88-101). Basel, Switzerland: Krager.
- Yang, N., MacArthur, D. G., Wolde, B., Onywere, V. O., Boit, M. K., Lau, S. Y. M.-A., ... & North, K. (2007).** The ACTN3 R577X polymorphism in East and West African athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(11), 1985-1988.
- Yang, S., Lin, W., Jia, M., & Chen, H. (2023).** Association between ACE and ACTN3 genes polymorphisms and athletic performance in elite and sub-elite Chinese youth male football players. *PeerJ*, *11*, e14893.

프로씨름 선수들의 ACTN3 유전자 다형별 체급 및 우수·비우수 선수의 차이

민석기¹, 김태완², 이태현³, 오태웅⁴, 이광규⁵

¹한국스포츠정책과학원 책임연구원(현 용인대학교 스포츠레저학과 교수)

²한국스포츠정책과학원 책임연구원

³용인대학교 무도스포츠학과 교수

⁴용인대학교 스포츠레저학과 교수

⁵충청대학교 스포츠재활과 교수

[목적] 본 연구는 프로씨름 선수들의 체급별, 우수·비우수 선수 간 ACTN3 유전자 다형을 확인하고 종목 특성에 부합하는 genotype을 선별하기 위해 수행되었다.

[방법] 피험자는 현재 프로씨름 선수로 활동 중인 남자 선수 148명을 대상으로 진행되었으며, ACTN3의 체급 간 및 우수·비우수 선수들의 차이를 알아보기 위해 카이제곱 검정(χ^2 -test) 교차분석(cross tabulation analysis)을 실시하였다.

[결과] 프로씨름 선수들의 유전자형 및 대립유전자에서는 유의한 차이는 발견되지 않았다. 하지만 우수/비우수선수로 나누어 비교하였을 경우에는 우수선수에서 R-allele의 빈도가 높고, XX genotype은 낮은 것으로 나타났다($\chi^2=5.545$, $df=1$, $p=.019$).

[결론] 이를 근거로 선수 선발 및 훈련 프로그램 구성 시 기초자료로 활용한다면 종목 특성에 부합하는 선수 양성 및 경기력 개선에 도움이 될 것으로 여겨진다.

주요어

씨름, ACTN3, 대립유전자