



스포츠 약학: 새로운 영역의 약사 역할과 전문 약료서비스 준비

김승화¹ · 조소라² · 최재희^{3,4} · 이영희^{5,6} · 이정연^{1,2,6*}

¹이화여자대학교 약학과 대학원, ²이화여자대학교 약학대학, ³이화여자대학교 대학원 생명약학부, ⁴건국대학교 병원 약제부, ⁵연세대학교 원주외과대학 재활의학교실, ⁶연세스포츠과학의학센터
(2021년 2월 18일 접수 · 2021년 3월 16일 수정 · 2021년 3월 18일 승인)

Sports Pharmacy: New Specialty of Pharmacists and Pharmaceutical Care Services

Sung Hwa Kim¹, Sora Cho², Jae Hee Choi^{3,4}, Young-Hee Lee^{5,6}, and Sandy Jeong Rhie^{1,2,6*}

¹Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea

²College of Pharmacy, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea

³Division of Life and Pharmaceutical Sciences, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea

⁴Department of Pharmacy, Konkuk University Hospital, Seoul 05030, Republic of Korea

⁵Department of Rehabilitation Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju 26426, Republic of Korea

⁶Yonsei Institute of Sports Science and Exercise Medicine (YISSEM), IOC Research Center Korea, Yonsei University, Wonju 26426, Republic of Korea

(Received February 18, 2021 · Revised March 16, 2021 · Accepted March 18, 2021)

ABSTRACT

The World Anti-Doping Agency has made efforts to promote the safe use of medications and prevent doping in sports globally. International standards have been established and experts have advocated anti-doping education to athletes and healthcare professionals. Pharmacists are expected to participate in the pharmaceutical care activity of sports medicine in protecting the athletes while providing the spirits of clean sports. In this review, we described the pharmacists' roles and functions in six areas of sports pharmaceutical care: awareness, treatment, prevention, optimization, abuse, and monitoring. Sports pharmacists should be able to prevent inappropriate drug use and manage athletes' illness and injury using pharmacotherapy. Further pharmacists should actively involve to educate and counsel athletes, trainers, and healthcare teams. In conclusion, pharmacists are expected to play important roles in sports pharmacy, which is the emerging area of specialized pharmaceutical care services.

KEYWORDS: Sports pharmacy, sports pharmacist, specialized pharmaceutical service

인간의 수명이 길어지면서 사람들의 관심사가 건강(health, well-being)에 초점이 맞춰지고, 자연스럽게 운동에 관심도를 증가시켰다. 우리나라에서도 세계 5대 스포츠를 개최하면서 국민들의 스포츠에 대한 관심이 증가하였다. 한국 스포츠 정책 과학원의 “2020년 국민생활체육조사”에 의하면 2020년 생활체육 참여율이 60.1%로 2019년 66.6%보다 6.5% 낮아졌지만 이것은 COVID-19에 의해 외부활동의 감소를 고려한다면, 2015년 56%에 비하여 전반적으로 증가한 것을 알 수 있다.

운동에 대한 관심도가 증가하면서 올림픽과 같은 국제 대회 및 국내 대회 등 여러가지 경쟁에서 선수들의 의도적(intended) 또는 무의식적(un-intended)인 도핑(doping)으로 인한 문제점

이 나타나고 있다. 2014년 소치올림픽 당시에 발생한 ‘러시아 도핑 스캔들’은 러시아 정부가 개입한 도핑조작 사건으로 도핑관리의 문제점이 대두된 바 있다. 이에 대한 다양한 노력들이 국제적으로 지속되어 왔으며, 특히 세계도핑방지기구(World Anti-Doping Agency, WADA)는 2021년 1월에 교육국제표준(International Standard for Education, ISE)에 따른 새로운 교육 가이드라인(Guidelines for Education)을 발표하고, 교육국제표준에 따라 각 전문가들을 통한 선수와 선수지원요원(health care teams)에 대한 도핑교육의 중요성을 강조하고 있다.¹⁾ 약사의 참여는 2012년 런던 올림픽을 통하여 시작되었으며, 약사 활동을 6가지 분야에서 제시된 바 있다.²⁾ 그러나, 국내 스포

*Correspondence to: Sandy Jeong Rhie, College of Pharmacy and Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Ewha Womans University, 92 Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul 03760, Republic of Korea
Tel: +82-2-3277-3023, Fax: +82-2-3277-2085
E-mail: sandy.rhie@ewha.ac.kr

츠 약학에 대한 약사의 역할은 잘 알려져 있지 않으며, 선진국 대열에 들어선 다른 나라에 비해 스포츠 약사로서 참여도가 낮은 편이다. 따라서, 국내 스포츠 약학의 시작과 약사 참여 필요성을 제안하고자, Mottram 등이 제시한 스포츠 약학에서의 6개의 약사의 활동 항목을²⁾ 기반으로 약사가 알고 있어야 할 기본 지식과 스포츠 전문 약사로서의 역할과 미래에 대하여 논하고자 한다.

스포츠 약료에 대한 인지(awareness)

세계도핑방지기구(WADA)는 전세계의 모든 형태의 스포츠 도핑을 방지하기 위한 노력 증진, 조율, 감시를 위해 1999년에 세워진 독립적인 국제기구다.³⁾ 세계도핑방지기구(WADA)는 교육프로그램을 통한 도핑방지의 노력의 일환으로 금지약물 목록(prohibited list)을 매년 업데이트하고 있다.⁴⁾ 그 예로 codein은 금지 약물이었지만 1993년, caffeine은 2004년, alcohol과 cannabidiol은 2018년에 제외되었다. 반면, 2021년에는 β_2 -agonist인 arformoterol, levosalbutamol과 β -blocker인 nebivolol이 추가되었다.^{4,5)} 2008년에 슬로베니아에서 진행된 “doping awareness, view, and experience: a comparison between general practitioners and pharmacists” 연구에서 두 전문가 그룹이 모두 도핑 방지에 참여해야 한다는 것에 대한 인식(89~92%)과 지식을 가지고 있으며, 도핑에 관한 전문지식은 약사 그룹이 더 높으나 금지약물에 대한 보다 더 전문적인 지식이 필요함을 보고한 바 있다. 또한 지역약국 약사는 운동선수가 일반의약품(OTC)과 건강기능식품(dietary supplement)을 스스로 선택하고 복용하는 것(self-medication)에 대한 상담으로 의도치 않은 도핑을 방지하는데 도움을 줄 수 있다는 것을 강조하였다.³⁾ 2011년 “doping in sports: a review of medical practitioners’ knowledge, attitudes, and belief” 연구에서도 금지약물의 실제 사실과 인지된 지식의 불일치를 보였고, 도핑 테스트에 대한 지식 부족도 보였다. 특히 88%의 프랑스 약사는 도핑을 중독(addiction)과 같은 공적 보건 문제로 인식하고 있었고, 55%의 프랑스 약사는 어린시절부터 도핑방지 교육이 필요하다고 했다.⁶⁾ 즉 이러한 교육의 필요성으로 1996년 실시된 ATLAS (the adolescents training and learning to avoid steroids) 프로그램과⁷⁾ 2016년에 실시된 Hercules 프로그램으로⁸⁾ 교육 후 어린 운동선수 인식의 변화가 있음을 보여줬다. 2015년 발표된 “perspective of pharmacists in Qatar regarding doping and anti-doping in sports” 연구에서, 약사(81.7%)들은 스포츠 약학에서의 교육과 훈련에 대해 흥미를 갖고 있고, 94%의 약사(300명의 카타르 약사 중 282명)는 스포츠에서 경기력 향상 약물(performance enhancing drugs)의 사용을 금지하는 것을 지원해야 한다고 생각하고 있었다. 또한 카타르 약사들도 전문화된 교육 프로그램 훈련으로 운동선수에게 정확

한 정보를 제공하여 안전하고 효과적인 약료 서비스를 제공해야 한다고 제시했다.⁹⁾ 최근에 호주에서 진행된 연구에서 약사(54%)는 스스로 도핑에 관련된 지식과 인식이 낮은 편이라고 생각하고 있었고, 135명의 호주 약사 중 94%의 약사는 무의식적인 도핑을 피하기 위해 운동선수의 교육이 중요하다고 생각했다. 운동선수에게 근거기반의 정보(evidence-based information)를 제공하고, 도핑 방지를 위해 약사의 직능개발(워크샵, 교육과정, 지속적인 전문 활동)을 하여 낮은 자존감을 높여주는 활동이 필요하다고 제시했다.¹⁰⁾ 또한 약사가 도핑에 관한 전문화된 교육을 받을 필요가 있으며, 운동선수와 선수 지원 요원에게 정확하고 적절한 지식을 제공하는 조연자로서 역할을 할 수 있음을 보여주었다.

운동인에서의 치료약물 사용(therapy)

운동선수의 약물 치료는 흔한 일은 아니지만, 질병을 치료하거나 부상회복을 위한 약물 사용시 약사는 약물치료와 운동능력증진을 목적으로 중재를 할 수 있다.²⁾ 비스테로이드성 소염진통제(Non-steroidal anti-inflammatory drugs, NSAIDs)는 통증을 완화시키고 염증을 낮춰준다. 운동선수에게 사용시에는 단일 성분, 최소유효용량으로 단기간 사용하며, 일관된 방법으로 일반적인 통증치료 원칙에 맞게 처방하며, 통증과 부상을 예방하는 목적으로 사용하면 안되고, 처방하는 의사는 금지약물과 치료목적사용면책(therapeutic use exemption, TUE)에 대한 이해가 높아야 한다.¹¹⁾ NSAIDs로 ibuprofen과 심혈관계 부작용이 낮은 naproxen을 사용하지만, 위장관 출혈, 신장 손상, 심혈관계 위험 등 부작용이 있어서 selective COX-2 inhibitor인 celecoxib를 임상에서 100 mg bid로 사용하기도 한다.¹²⁾ ketorolac 주사제(근육 또는 정맥투여)는 운동선수의 부상 후 수술 또는 치과 관련통증에서 morphine과 meperidine의 표준 용량과 비슷한 정도로 강력한 진통 효과를 가지는 것이 보고된 바 있다.¹³⁾ 외용제로는 diclofenac 겔이나 패치를 국소적 통증에 사용하며, 피부 알레르기 반응이 적지만 나타날 수 있다. 가장 많이 사용하는 acetaminophen은 상대적으로 안전하고 부작용이 적어서 1차 치료제로 사용한다. Opioids는 부작용 위험과 유효성 근거 부족으로 치료의 가장 마지막 옵션이다.

신체적인 활동은 천식과 운동유발성 기관지수축(exercise-induced bronchoconstriction, EIB), 운동유발성 비염(exercise-induced rhinitis)를 악화시킬 수 있다. 천식과 EIB에 이용하는 short acting β_2 -agonist (salbutamol, salbutamol, levalbuterol), long acting β_2 -agonist (formoterol, salmeterol)는 WADA 금지약물이지만 TUE하에 예방과 치료 목적으로 사용한다. 2018년 Global Initiative 천식 가이드라인에서 ICS (inhaled corticosteroids)는 장기간 유지치료의 1차 치료 옵션으로 추천되었다. 알레르기 비염 치료로 intranasal corticoids (INC) 제

형으로 fluticasone, budesonide, beclomethasone, mometasone, triamcinolone제제가 있다. 이는 부작용 발생이 낮고 TUE가 불필요한 안전하고 효과적인 1차 치료제이다. 항히스타민제 (loratadine, cetirizine, nasal azelastine, nasal olopatadine)는 1차 치료 대체제로 사용하며, INC와 함께 사용시 더 효과적이다. Leukotriene modifier (montelukast, zafirukast)도 사용하며, decongestants (phenylephrine, pseudoephedrine, nasal oxymetazoline)은 2차 치료 옵션으로 쓰인다.¹²⁾

운동선수들은 경기력 증진을 위하여 일반인보다 거의 2배 비율의 항생제를 처방 받는다고 알려져 있다.¹⁴⁾ 지역사회 획득 폐렴과 축농증에 사용되는 fluoroquinolone계 항생제는 QT interval 연장과 tendon 파열이 가장 중요한 부작용이며, 이 중 moxifloxacin이 위험도가 가장 크고 ciprofloxacin이 위험도가 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있으나, 운동선수는 불필요한 항생제 처방을 피하는 것이 좋다.¹⁵⁾ 상부 호흡기 신드롬(upper respiratory syndrome, URS)은 바이러스 감염과 공기알러젠에 의한 알레르기 반응으로 나타난다. 운동 선수의 URS 치료는 일반인의 경우와 유사하며, 만약 항생제를 사용하는 경우에는 좁은 항균범위를 가진 항생제 사용과 특히 경기를 앞두고 장기간 사용을 삼가하는 것을 추천한다. 또한 외용 항염증 스프레이 사용을 고려할 수 있다.¹⁶⁾ 제1형 당뇨병을 가진 운동선수는 혈당의 변화를 최소화하기 위해 운동 강도와 지속시간을 고려하고, 개인마다 혈당 조절, 탄수화물 소비, 인슐린 용량 조정 등 맞춤형 인슐린 치료가 필요하다.¹²⁾ 고혈압을 가진 운동선수의 1차 치료는 체중감량, 소금섭취제한, 음주조절 등의 생활습관 교정이다. 약물치료에는 ACEI (angiotensin-converting enzyme inhibitor), ARB (angiotensin receptor blocker), CCB (Ca-channel blocker) 약물이 추천된다. 그러나, thiazide계 및 loop 이뇨제는 고혈압 치료에 일차선택약물이지만 운동선수에게는 금지 약물이며, β -blocker도 마찬가지이다.^{17,18)}

치료목적사용면책(TUE)이란 선수의 건강상태에 심각한 손상을 입는 경우, 도핑방지기가 치료목적으로 금지약물에 포함된 특정 약물이나 방법을 사용할 수 있도록 허용하는 것을 말한다. 다만, 이 경우 약물이 경기력 향상 효과를 주지 않아야 하며, 대체 치료제가 없어야 한다. 또한 약물사용전에 TUE 승인을 받도록 하고 있다.¹⁹⁾ 즉, 운동선수의 치료는 안전성, 효율성, 경기능력 영향, 규제 제한 등 여러가지 면을 고려해야 하며, 금지약물이 필요한 경우, TUE 승인 후 사용하여야 도핑을 방지할 수 있다.

운동인에서의 질병예방(prevention)

운동선수의 예방적 약물치료는 질병과 부상을 방지하고 현재 상태 유지가 목적이다. 세계도핑방지코드(world anti-doping code, WADC)는 항경련제의 예방적 사용을 허용하고 있다. 항

경련제인 levetiracetam, tiagabine, lamotrigine은 항불안 효과를 가지고 있어서 양극성 장애, 우울증, 불안증, 조현병 등 항정신병 치료에 사용되고 있다. 그 예로 양궁선수들에게는 항정신병약으로 사용이 금지되어 있으나, 항경련제로서 사용은 가능하다. 단, 뇌전증인 양궁선수라면 항경련제의 다른 효과 때문에 뇌전증의 치료를 유지하지 못하는 윤리적인 문제가 생긴다. 그래서 치료 목적에 따라 금지약물 허용범위가 달라지므로 항경련제로 사용시 치료목적사용면책(TUE) 승인을 받아 사용해야 한다. 금지약물사용 위반의 책임은 의료진에게도 있지만 운동선수에게 최종 책임이 있으므로 항상 주의해야 한다.²⁰⁾ 또한 부상 후 재활치료시에도 NSAIDs는 염증을 줄이지만 근육의 힘과 유연성을 감소시켜 회복 과정을 느리게 하므로 이 단계에서는 장기간 치료를 목적으로 약물 사용은 삼가하는 것이 좋다.²¹⁾

기능성 보충제 사용(optimization)

2018년 IOC consensus statement에서 기능성 보충제(dietary supplement)는 건강과 경기 능력 향상의 목적으로 습관적인 섭취의 음식(food), 영양소(nutrient), 비 식품 혼합물(non-food compound)이라 정의했다. 이러한 보충제는 미량영양소 결핍을 관리하고, 에너지나 영양소를 섭취하기 편한 형태로 제공하고, 직접적인 경기 능력 향상을 제공하고, 간접적으로 강도 높은 훈련을 뒷받침해준다.²²⁾ 2018년 미국의 조사연구에 따르면 운동선수들이 일차적으로 스포츠 보충제(sports supplement)에 대한 정보를 마켓에서 얻고, 2% 정도만 약사에게 조언을 얻는다. 그러나, 실제로 운동선수의 52%가 약사의 조언을 얻고 싶어하고, 66%는 약사 상담이 운동선수에게 영향을 준다고 말하였다. 그리고 운동선수의 약 65%는 전문의약품, 35%는 일반의약품이나 보충제에 대해 약사와 상담한다고 했다. 이러한 수요에도 불구하고 실제 약사 상담이 잘 이루어지지 않는 이유는 약사의 상담 제공 의지는 높지만, 스포츠 보충제에 대한 지식이 부족하여 자신감이 떨어지기 때문이다. 특히 지역약국 약사는 운동선수가 보충제 상담에 쉽게 접근할 수 있는 위치이므로 이 분야의 지식을 얻는 것이 중요하고, 이것을 바탕으로 스포츠 약사로서 약료서비스를 확장할 수 있으리라 사료된다.²³⁾

IOC consensus statement는 경기 능력 향상 위한 보충제로 caffeine, creatine, nitrate, β -alanine, sodium bicarbonate와, 면역 증진을 위한 영양소 보충제로 비타민 D, probiotics, 비타민 C, carbohydrate, bovine colostrum, polyphenol, Zn, glutamine, caffeine, Echinacea, Omega-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs), 비타민 E, β -glucans를 보고하였다.²²⁾ 스포츠 보충제는 크게 3가지 ① sports foods (macronutrients를 포함한 음식, 음료) ② medical supplements (결핍을 치료하는 vitamin, mineral) ③ ergogenic supplements (경기능력향상)로 분류된

다. 스포츠 식품은 운동 전후로 혈당, 전해질 등의 균형을 조절하고 단백질 합성을 도와준다. 의료적 보충제로서 비타민 D는 햇빛, 식품에서 섭취가능한데 흡수율을 높이기 위해 Ca와 함께 복용하고, 일반인은 800~2000 IU 권장량이지만 운동선수에게는 4000 IU 이상 권장된다. 철(iron)은 적혈구 헤모글로빈의 주요한 미네랄 구성요소로서 산소 공급에 필수적인 요소로 호흡과 대사에 중요하다. 특히 철 결핍 검사시 주요 지표인 저장철 ferritin은 운동선수에게 20 µg/L이 추천되는데, 빈혈인 운동선수는 더 높은 용량을 권고한다.²⁴⁾ 유산균(probiotics)은 주로 Lactobacillus와 Bifidobacterium 균주를 추천하며, 2015년 Cochran review에 의하면 유산균이 상기도 감염 발생률을 47% 낮추고, 질병기간도 1.89일로 단축시킨다고 보고하였다.²⁵⁾ 오메가-3 지방산(omega-3 fatty acids)은 필수지방산으로 주로 생선, 크릴 새우 등에서 얻는데 EPA (eicosapentaenoic acid)와 DHA (docosahexaenoic acid)로 구성되어 있다. 오메가-3가 심혈관계 질환위험을 낮춰주는데 도움을 준다는 것은 널리 알려져 있다.²⁶⁾ DHA는 중추신경계에서 중요한 구조적, 기능적 역할을 하고, 산화 스트레스를 낮춰줘서, 뇌발달과 인지 기능에 영향을 미쳐서 경미한 뇌 외상에 예방적으로 쓰이기도 한다.²⁷⁾ 또한 최근에 밝혀진 resolvins, protectins, maresins인 SPMs (specialized pro-resolving mediators)를 생성하여 항염증 효과를 나타낸다.²⁸⁾ 하지만 아직까지는 오메가가 염증과 면역반응에 좋은 영향을 준다는 결정적인 증거가 부족하므로 연구가 지속되어야 한다.²⁹⁾ 마지막으로 ergogenic 보충제로서 caffeine은 자극제로서 세포내 칼슘의 이동을 증가, 자유 지방산 산화 증가, CNS의 adenosine receptor antagonist로 작용하여 피로감을 덜어주고 활력을 올려준다. 현재 금지약물은 아니지만 경기 7일전부터는 섭취 자제를 권고한다.³⁰⁾ Creatine은 아미노산에서 합성되는 질소화합물로 phosphocreatine으로 저장시켜 단시간 고강도 훈련에 효과적이다.³¹⁾ 그 밖에 비트류스 등에서 섭취가능한 nitrate와 β-alanine이 있다.

이러한 보충제는 FDA에서 규제를 하지 않기 때문에 잘못된 라벨링(labeling)이나 제조 과정에서 불순물 오염으로 인해 금지약물 첨가로 의도치 않은 도핑이 일어나기도 한다. 이러한 위험을 방지하기 위해서 각 국가의 도핑방지기구(national anti-doping organizations, NADOs)인 호주 도핑방지위원회(ASADA)의 “Global DRO”, 미국 도핑방지위원회(USADA)의 “Supplement 411”을 제공한다.³²⁾ 특히 미국은 ‘red flags’ 인증을 통해 안전한 스포츠 보충제를 제공하고 있다.

금지약물의 오용(abuse)

2010년 라켓 선수 대상 조사에서 5~10% 선수는 건강에 대한 위험과 상관없이 도핑 행위를 할 의도가 있다는 결과를 보여줬다.³³⁾ 세계도핑방지기구(WADA)의 “2019 Testing Figure

Report”에 의하면 2018년에 비해 샘플 수가 5.5% 증가하였다. 도핑의 위험을 낮추기 위해 WADA는 매년 업데이트된 금지약물목록(Prohibited List)을 제공하고 이것은 크게 경기와 무관하게 사용, 경기중 사용, 특정 스포츠에서 사용으로 분류하여 금지목록을 분류했다. S1 동화작용제는 경기능력 향상을 목적으로 남용될 수 있으나, 심장, 간에 위험하며 특히 성장기인 청소년 선수에게 위험하다. S2 펩티드호르몬, 성장인자, 관련약물 및 유사제 중 erythropoietin은 적혈구 생산을 자극하여 산소 전달 능력을 높여줘서 경기능력을 향상시킬 수 있고, 1987년 전에는 수혈을 통해 혈액 도핑(blood doping)이 만연했다. 이 때 자기수혈의 경우는 도핑여부를 발견하기가 힘들었다. S3 β-효능제는 치료목적사용면책(TUE)를 통해 전식치료에 사용한다. S4 호르몬 및 대사변조제는 유방암 치료제에도 사용되는 약물군들이 포함되어 있으며, 러시아에서 산소가 부족한 고지대 군인들의 혈액순환을 활성화하기 위해 만들어진 심근경색, 협심증 치료제인 meldonium은 러시아 테니스 선수 마리아 샤라포바가 복용하기도 하였다. 이 약물은 WADA가 2016년 1월에 금지약물에 포함시켰다. S5 이노제 및 은폐제는 빠르게 체중 감량에 도움을 주며, 다른 금지약물과 함께 복용 시 배설을 촉진시켜 도핑검사를 피하게 도와줄 수 있다. 항상 금지된 방법은 M1 혈액 및 혈액 성분 조작, M2 화학적/물리적 조작, M3 유전자 및 세포 도핑이다. 유전자 치료(Gene therapy)로 시작된 유전자 도핑(gene doping)은 선수의 경기능력 향상을 위해서 유전적으로 세포를 조작하거나, 핵산 서열(sequence) 바꾸는 것을 말한다. 이것은 미용적인 목적으로 사용되기도 하는데 특히 어린 선수들의 부모가 유전적 사전선택(genetic preselection)을 할 가능성이 있으므로 윤리적인 부분에서 보다 정확한 가이드라인이 필요하다.³⁴⁻³⁶⁾ 경기 중 금지약물로 S6 흥분제는 중추신경계에 직접 작용하는데 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD) 치료제로 쓰이는 amphetamine, methylphenidate와 종합감기약에 많이 포함된 pseudoephedrine이 포함되어 있다. 그래서 TUE를 통한 치료제로 사용이 가장 많다.³⁷⁾ 특히 이 그룹의 성분은 보충제에 혼합되어 도핑을 일으키기도 한다. S7 마약은 opioid receptor와 결합하여 통증을 조절한다. S8 카나비노이드 중 cannabidiol은 2004년에 금지되었다가 2018년에 금지약물목록에서 제외되었다. 전 임상시험에서 항염증, 진통, 항불안, 신경보호 특성과 수면주기의 영향으로 유익하였지만, 아직 임상자료가 부족하고 ergogenic에 대한 논란이 있어서 임상적으로 사용이 활발하지 않다.³⁸⁾ S9 글루코코르티코이드는 경구, 정맥내, 근육내, 좌약으로 투여하는 경우는 금지이다. 이것은 ergogenic 효과가 있으며 외용제로 사용은 TUE없이 가능하다. 특정 종목에 금지되는 약물로 P1 β-차단제로 양궁과 사격은 항상 금지이며, 자동차경주, 당구, 다트, 골프, 스키/스노우보드, 수중/면수영은 경기중에만 금지이다.⁴⁾ 약사는 이러한 금지약물을 잘 인지하고 무의식적으로 발생하는

Table 1. WADA international standard Prohibited list and feature^{4,5,36)}

| Substances and methods prohibited at all times | | Feature | Medication used for the treatment |
|--|--|--|--|
| S0 | Non-approved substances | | |
| S1 | Anabolic agents | <ul style="list-style-type: none"> Anabolic effect Enhancement of performance | <ul style="list-style-type: none"> Male hypogonadism |
| S2 | Peptide hormones, growth factors, related substances, and mimetics 1. Erythropoietins (EPO) and agents affecting erythropoiesis 2. Peptide hormones and their releasing factors 3. Growth factors and growth factor modulators | <ul style="list-style-type: none"> Anabolic effect Oxygen transfer enhancement Improve performance | <ul style="list-style-type: none"> Anaemia Male hypogonadism Growth hormone deficiency |
| S3 | Beta-2 agonists | <ul style="list-style-type: none"> Anabolic effect stimulant | <ul style="list-style-type: none"> Asthma Other respiratory disorders |
| S4 | Hormone and metabolic modulators 1. Aromatase inhibitors 2. Anti-estrogenic substances anti-estrogens and selective estrogen receptor modulator (SERMS) 3. Agents preventing activin receptor IIB activation 4. Metabolic modulators | <ul style="list-style-type: none"> Enhancement of performance | <ul style="list-style-type: none"> Breast cancer Diabetes Infertility (female) Polycystic ovarian syndrome |
| S5 | Diuretics and masking agents | <ul style="list-style-type: none"> Lose weight quickly Difficult detection in urine as it enhances the speed of elimination of performance enhance drugs | <ul style="list-style-type: none"> Heart failure Hypertension |
| Prohibited methods at all times | | Feature | |
| M1 | Manipulation of blood and blood components | <ul style="list-style-type: none"> Increase the oxygen delivery and the aerobic capacity | |
| M2 | Chemical and physical manipulation | <ul style="list-style-type: none"> Intravenous infusions or injections except for hospital treatments, surgical procedures and clinical diagnostic investigations | |
| M3 | Gene and cell doping | <ul style="list-style-type: none"> Change of gene expression Enhancement of performance | |
| Substances prohibited in-competition | | Feature | Medication used for the treatment |
| S6 | Stimulants | <ul style="list-style-type: none"> Direct and peripheral effect on the nervous system Enhancement of performance | <ul style="list-style-type: none"> Anaphylaxis Attention deficit hyperactivity disorders (ADHD) Cold and influenza symptoms |
| S7 | Narcotics | <ul style="list-style-type: none"> pain control to interact with opioid receptor | <ul style="list-style-type: none"> Pain including from musculoskeletal injuries |
| S8 | Cannabinoids | <ul style="list-style-type: none"> Ergogenic effect | |
| S9 | Glucocorticoids | <ul style="list-style-type: none"> Ergogenic effect Anti-inflammatory effect | <ul style="list-style-type: none"> Allergy Anaphylaxis Asthma Inflammatory bowel disease |
| Substances prohibited in particular sports | | Feature | Medication used for the treatment |
| P1 | Beta-blockers | <ul style="list-style-type: none"> Improve performance | <ul style="list-style-type: none"> Heart failure Hypertension |

도핑을 방지하는데 도움을 줄 수 있다.

운동인 보호와 감시(detection)

도핑방지 행정관리시스템(ADAMS: anti-doping analysis

management system)은 세계도핑방지기구(WADA)가맹 도핑 방지 기구들의 도핑관리 정보를 범적인 보호 아래 효율적으로 입력, 저장, 공유하도록 개발한 웹기반의 데이터베이스 관리 시스템이다. 검사대상자 등록명부(RTP: registered testing pool)는 도핑방지기가 선택한 최고수준의 우선순위 선수 명

부인데, RTP선수는 선수소재지 정보(athlete whereabouts information)를 ADAMS에 보고한다. 이것은 도핑방지를 위한 정보의 투명성을 제공하는 것이지만, 선수 개인의 인권에서는 사생활 침해이기도 하다. 이러한 딜레마는 항상 논란이 되고 있기 때문에 앞으로 제도의 보완이 필요한 부분이다.³⁹⁾ 2018년 ADAMS에 보고된 비정상 분석결과(AAF: adverse analytic finding)에 의하면 도핑방지 규정위반(anti-doping rule violation, ADRV)은 59%로 매년 증가하고 있다. WADA는 혈액 도핑(blood doping)의 한 방법으로 특정 생체지표(biomarker)를 시간경과에 따라 모니터링하여 도핑을 적발하기 위한 선수 생체수첩(athlete biological passport, ABP)을 도입했다. 이것은 성별, 인종, 고도(altitude), 나이 등을 고려하여 omics의 개념으로 접근할 수 있는 방법이다. 점차 도핑의 기술이 발전하는 만큼 감지하는 민감도 또한 발전해야 하는 이 시점에서 ABP는 혈액 도핑의 새로운 생체지표로서 사용되고 있다. 또한 자기수혈(autologous blood transfusion)은 직접 감지하는 방법이 없었는데, 혈액 조각기 유전자 발현이 변경되므로, 전체 전사체(whole transcriptome) 분석을 통해서 찾아낼 수 있다.⁴⁰⁾ 더욱이 유전자 도핑(gene doping)의 감지는 더 어려운 경우이다. 직접 감지하는 방법은 혈장수치를 통한 혈액 모니터링, 바이러스성 매개체(viral vehicle)와 바뀐 유전자를 통한 생검(biopsy), 인트론(intron)이 없는 상보적 DNA(complementary DNA) 통한 유전활성테스트(genetic activity test), 각 개인의 유전자 지도인 단백질지문(protein fingerprints), 이식유전자(transgene)을 통한 유전자 바코드(genetic barcode)이고, 간접적으로 단백질수치와 유전자 전사속도(gene transcription rate)를 통한 면역 반응을 통해 감지할 수 있다.^(34,35) 앞으로는 포스트 유전체학(post-genomics)의 시대에 맞춰 일괄적으로 적용하던 유전자 도핑에서 인종과 식습관과 같은 문화적 유전학(cultural geneticization)을 발전시켜 각 개인의 다양성을 고려한 분석 기술이 필요하다고 사료된다.⁴¹⁾ 또한 점점 성장하는 소비자 직접서비스(direct-to-consumer, DTC) 시장에서 어린시절 DTC-genetic test를 통해 재능이 있는 선수들을 미리 발굴한다면 스포츠 발전에도 도움이 될 것이라 사료된다.⁴²⁾

결 론

약사의 참여에 대한 기대효과는 높다. 첫째로 스포츠 약사는 운동선수들의 부적절한 약물사용을 방지하고 조절할 수 있다.⁴³⁾ 그 예로 일본 도핑방지위원회(JADA)의 인증을 받은 스포츠 약사는 일반의약품과 보충제 등 약물상담을 통한 정보를 제공하여 도핑방지를 위한 합리적인 약물선택을 하도록 돕고 있다. Polyclinic pharmacy에서는 도핑 규제와 약물 테스트 활동을

하여 올림픽을 서포트 할 수 있다. 2018년 평창동계올림픽과 패럴림픽에서 약사는 처방조제, TUE와 IOC needle policy 과정, 임상 정보를 운동선수와 처방의에게 제공하여, 도핑방지에 관한 전문적 지식을 바탕으로 스포츠에서 약물의 임상적 이용을 안전하고 효과적인 약료 서비스를 제공하는데 중요한 역할을 하였다.⁴⁴⁾

둘째로 스포츠 약사는 운동선수의 부상과 질병의 관리와 치료를 할 수 있다.⁴³⁾ 약사는 부작용, 약물 상호 작용, 최적의 약물치료의 용량과 제형, 또한 약물치료로 인해 고갈되는 영양소를 보충해주는 보충제의 보조 치료로 균형 잡힌 약물 요법을 조언하고 그 결과를 모니터링 할 수 있다.⁴⁵⁾ 그러나 약국에 많은 전문의약품과 일반의약품, 건강기능식품이 있지만 도핑 금지 약물에 대한 근거가 부족하므로 이 역할을 위해 약사 대상의 교육이 필요하고, 지속적인 도핑방지에 관한 연구가 필요하다.

셋째로 스포츠 약사는 교육, 훈련을 제공받고, 전문가의 조언을 취할 수 있는 기회를 가질 수 있다.⁴³⁾ 정보 제공자로서 약사는 금지약물에 대한 지식과 인식이 부족하므로 교육이 필요하고 이로 인해 자신감과 사명감을 갖게 될 것이다. 현재 여러 나라에서 도핑 방지 교육 프로그램이 실시되고 있는데, IOC의 “IOC certificate in drugs in sports”, USADA의 “anti-doping education for the health professional”, JADA의 “sports pharmacist system”, ASADA의 “medical support personnel anti-doping course”, 영국 도핑방지위원회(UKAD)의 “clean sport advisor”가 있다. 미국의 약대에서는 커리큘럼에 advanced pharmacy practice experience in sports pharmacy를 포함하고 있기도 하다.⁴⁶⁾ 이러한 프로그램에 의해 교육과 훈련을 받은 도핑방지 지식을 갖춘 스포츠 약사는 운동 선수나 선수 지원 요원에게 교육을 하여 그들의 도핑에 대한 태도를 변화시키고, 도핑의지를 감소시킬 수 있다.^{47, 48)} 또한 훈련된 스포츠 약사는 도핑방지의 일차적인 수호자로서 약물과 보충제를 추천할 수 있다. 결론적으로 이러한 역할을 하기 위해서 스포츠 약사는 정보 제공자로서 커뮤니케이션 기술을 갖추고 도핑에 대한 올바른 인식을 갖는 것이 중요하다.⁴⁹⁾

약사의 역할은 유사 직능 간의 유기적인 관계를 유지하고, 융합적으로 일을 하는 능력이 매우 중요하다. 스포츠 약사는 다학제적 팀의 일원으로 약물 및 보충제 사용시 발생할 수 있는 도핑방지와 통제, 약물치료의 최적화, 금지약물과 금지방법에 관한 정보 제공 역할을 할 수 있다. 나아가 운동선수와 선수 지원 요원 뿐만 아니라 모든 사람들에게 공정하고 깨끗한 스포츠 정신을 인식시킬 수 있다. 이러한 스포츠 약사의 역할과 기능을 이해하고 새로운 직능 개발을 기대하며, 스포츠 약학에서의 약료 활동 성과의 향상을 기대한다.

Table 2. The summary of the main studies

| Study Name | Study Title | Study Type | Main Outcome |
|---|---|---|--|
| David Mottram, Mark Stuart. ²⁾ (2013) | The Emerging Speciality of Sports Pharmacy. | Article | <ul style="list-style-type: none"> Pharmacists want to advise to people who engage in sport & exercise for drug treatment or healthcare. sports specialized pharmacists need development. The wider role of sports pharmacists: sports pharmacy in daily practice and sports events and specialized educational training for sports pharmacists. |
| Harshad O. Malve. ⁵⁾ (2018) | Sports Pharmacology: a Medical Pharmacologist's Perspective. | Review Article | <ul style="list-style-type: none"> Abuse of substances or methods to enhance the performance is very common in the sports. It was reported that use of performance-enhancing substances among athletes range from 5% to 31%. Sports pharmacology includes the drug use & abuse in sports, and treatment of sports-related injuries. Sports pharmacology can help the health care team supporting the sportspersons to improve the quality of their life. |
| Kwang C. Yee. ¹⁰⁾ et al. (2020) | Pharmacists as a Source of Advice on Medication Use for Athletes. | Article (Online Survey, in Australia) | <ul style="list-style-type: none"> The survey consist to identify pharmacists' demographic information, interest in sports, familiarity with WADA guidelines, knowledge on prohibited drug lists, and their opinion about the role of pharmacists in educating athletes on medication use. Pharmacists can potentially provide specialized advice to athletes. The results of the survey indicate that up-skilling is required to enable pharmacists in Australia to provide correct medication advice for athletes. |
| Shikha Tandon. ³⁷⁾ et al. (2015) | Treating the Elite Athlete: Anti-Doping Information for the Health Professional. | Review | <ul style="list-style-type: none"> Physicians and health care team are a vital component in preserving the integrity of sports. The review provide a WADA Prohibited List, TUE, roles and responsibilities of the health professional, and resources of guide for athletes. USADA has developed an online educational tutorial to provide health professionals with information on anti-doping rules & contents. |
| Alison D. Hooper. ⁴³⁾ et al. (2019) | Current and Potential Roles in Sports Pharmacy: a Systemic Review. | Systemic Review | <ul style="list-style-type: none"> "Sports Pharmacy" is an emerging specialty within pharmacy practice. The guidelines of WADA Anti-Doping Code provide recommendations for doping control. Recommendations for pharmacists include consistent updating with the contents of the WADA Code, assisting athletes to recognize the use of a banned substance and providing information to athletes about the risks & benefits of nutritional supplements. Pharmacists are enthusiastic about to counsel athletes, but there are main barriers which is lack of knowledge and confidence, and limited educational opportunities. |
| Jose Henrique Gialongo Goncales Bomfim ⁴⁵⁾ (2020) | Pharmaceutical Care in Sports. | Perspective | <ul style="list-style-type: none"> Pharmaceutical care in sports is a new field to clinical pharmacists that promoting pharmacotherapeutic follow up and clinical services to athletes. A broad range of pharmaceuticals include dietary supplement and herbal drugs, however these medicine may be able contaminated by banned substances. Pharmacists' role is to prevent adverse effect, drug interactions and doping problems. Pharmacist is a member of the multidisciplinary team related to sports. The integration of this professional will optimize the pharmacotherapeutic care and healthy life. |

감사의 말씀

이 성과는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020R1A2C10 09224). 그리고 이 성과는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로

한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R1A6A1A03043528). 또한, 2021년도 연세스포츠과학 의학센터와 IOC Research Korea 연구의 일부로 수행되었음. 본 연구의 제1저자는 이화여자대학교 연구조교 장학금을 수혜 받았음.

이해상충

저자들은 본 논문의 내용과 관련하여 그 어떠한 이해상충도 없습니다.

참고문헌

1. WADA. International standard for education (ISE) 2021. Available from <https://www.wada-ama.org/en/resources/the-code/international-standard-for-education-ise>. Accessed February 6, 2021.
2. Mottram D, Stuart M. The emerging specialty of sports pharmacy ASPETAR-Sports Medicine Journal 2013;1:66-71.
3. Auersperger I, Topič MD, Maver P, Pušnik VK, Osredkar J, Lainščak M. Doping awareness, views, and experience: a comparison between general practitioners and pharmacists. Wien Klin Wochenschr 2012;124(1-2):32-8.
4. WADA. Prohibited list 2021. Available from <https://www.wada-ama.org/en/what-we-do/the-prohibited-list>. Accessed February 6, 2021.
5. Malve HO. Sports pharmacology: a medical pharmacologist's perspective. J Pharm Bioallied Sci 2018;10(3):126-36.
6. Backhouse SH, McKenna J. Doping in sport: a review of medical practitioners' knowledge, attitudes and beliefs. Inter J Drug Policy 2011;22(3):198-202.
7. Goldberg L, Elliot D, Clarke GN, et al. Effects of a multidimensional anabolic steroid prevention intervention: The Adolescents Training and Learning to Avoid Steroids (ATLAS) program. JAMA 1996;276(19):1555-62.
8. Sagoe D, Holden G, Rise ENK. Doping prevention through anti-doping education and practical strength training: The Hercules program. Performance Enhancement and Health 2016;5(1):24-30.
9. Mottram D, Khalifa S, Alemrayat B, et al. Perspective of pharmacists in Qatar regarding doping and anti-doping in sports. J Sports Med Phys Fitness 2016;56(6):817-24.
10. Yee KC, De Marco M, Salahudeen MS, et al. Pharmacists as a source of advice on medication use for athletes. Pharmacy 2020;8(1):10.
11. Hainline B, Derman W, Verneq A, et al. International Olympic Committee consensus statement on pain management in elite athletes. Br J Sports Med 2014;51(17):1245-58.
12. Ferry B, DeCastro A, Bragg S. Common prescription medications used in athletes. Prim Care 2020;47(1):49-64.
13. Matava MJ. Injectable nonsteroidal anti-inflammatory drugs in sport. Clin J Sport Med 2018;28(5):443-50.
14. Alaranta A, Alaranta H, Helenius I. Use of prescription drugs in athletes. Sports Med 2008;38(6):449-63.
15. Golzari H, Dawson NV, Speroff T, Thomas C. Prolonged QTc intervals on admission electrocardiograms: prevalence and correspondence with admission electrolyte abnormalities. Conn Med 2007;71(7):389-97.
16. Gleeson M, Pyne DB. Respiratory inflammation and infections in high-performance athletes. Immuno Cell Biol 2016;94(2):124-31.
17. Asplund C. Treatment of hypertension in athletes: an evidence-based review. Phys Sportsmed 2010;38(1):37-44.
18. Pelto H. Hypertensive medications in competitive athletes. Curr Sports Med Rep 2017;16(1):45-9.
19. KADA. Therapeutic use exemption. Available from https://kada-ad.or.kr/kada?where=tue/tue_intro. Accessed February 6, 2021.
20. Kaufman KR. Anticonvulsants in sports: ethical considerations. Epilepsy Behav 2007;10(2):268-71.
21. Wheeler P, Batt M. Do non-steroidal anti-inflammatory drugs adversely affect stress fracture healing? a short review. Br J Sports Med 2005;39(2):65-9.
22. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2018;28(2):104-25.
23. Howard MS, DiDonato KL, Janovick DL, et al. Perspectives of athletes and pharmacists on pharmacist-provided sports supplement counseling: an exploratory study. J Am Pharm Assoc 2018;58(4S):S30-S36.e2.
24. Edenfield KM. Sports Supplements: Pearls and Pitfalls. Prim Care 2020;47(1):37-48.
25. Hao Q, Dong BR, Wu T. Probiotics for preventing acute upper respiratory tract infections. Cochrane Database Syst Rev 2015;(2):CD006895.
26. Bhatt DL, Steg PG, Miller M, et al. Cardiovascular risk reduction with icosapent ethyl for hypertriglyceridemia. N Engl J Med 2019;380(1):11-22.
27. Barrett EC, McBurney MI, Ciappio ED. ω-3 fatty acid supplementation as a potential therapeutic aid for the recovery from mild traumatic brain injury/concussion. Adv Nutr 2014;5(3):268-77.
28. Endo J, Arita M. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. J Cardio 2016;67(1):22-7.
29. Lewis NA, Daniels D, Calder PC, Castell LM, Pedlar CR. Are there benefits from the use of fish oil supplements in athletes? A systematic review. Adv Nutr 2020;11(5):1300-14.
30. Ganio MS, Klau JF, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh CM. Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. J Strength Cond Res 2009;23(1):315-24.
31. Peeling P, Binnie MJ, Goods PS, Sim M, Burke LM. Evidence-based supplements for the enhancement of athletic performance. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2018;28(2):178-87.
32. Martínez-Sanz JM, Sospedra I, Ortiz CM, Baladía E, Gil-Izquierdo A, Ortiz-Moncada R. Intended or unintended doping? A review of the presence of doping substances in dietary supplements used in sports. Nutrients 2017;9(10):1093.
33. Kondric M, Sekulic D, Petroczi A, Ostojic L, Rodek J, Ostojic Z. Is there a danger for myopia in anti-doping education? Comparative analysis of substance use and misuse in Olympic racket sports calls for a broader approach. Subst Abuse Treat Prev Policy 2011;6:27.
34. Gaffney GR, Parisotto R. Gene doping: a review of performance-enhancing genetics. Pediatr Clin North Am 2007;54(4):807-22.
35. van der Gronde T, de Hon O, Haisma HJ, Pieters T. Gene doping: an overview and current implications for athletes. Br J Sports Med 2013;47(11):670-8.
36. Hatton CK, Green GA, Ambrose PJ. Performance-enhancing drugs: understanding the risks. Phys Med Rehabil Clin N Am 2014;25(4):897-913.
37. Tandon S, Bowers LD, Fedoruk MN. Treating the elite athlete: anti-doping information for the health professional. Mo Med 2015;112(2):122-8.
38. Gamelin F-X, Cuvelier G, Mendes A, et al. Cannabidiol in sport: Ergogenic or else? Pharmacol Res 2020;156:104764.
39. Scharf M, Zurawski N, Ruthenberg T. Negotiating privacy. Athletes' assessment and knowledge of the ADAMS. Perform Enhanc Health 2018;6(2):59-68.

40. Wang G, Karanikolou A, Verdouka I, Friedmann T, Pitsiladis Y. Next generation “omics” approaches in the “fight” against blood doping. *Med Sport Sci* 2017;62:119-28.
41. Hyun J. Geneticizing ethnicity and diet: Anti-doping science and Its social impact in the age of post-genomics. *Front Genet* 2017;8:56.
42. Webborn N, Williams A, McNamee M, *et al.* Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: consensus statement. *Br J Sports Med* 2015;49(23): 1486-91.
43. Hooper AD, Cooper JM, Schneider J, Kairuz T. Current and potential roles in sports pharmacy: A systematic review. *Pharmacy (Basel)* 2019;7(1):29.
44. Stuart M, Kwon YI, Rhie SJ. Pharmacy services at the PyeongChang 2018 Olympic and Paralympic winter games. *Br J Sports Med* 2019;53(17):1105-10.
45. Bomfim JHGG. *Pharmaceutical Care in Sports*. Pharmacy (Basel) 2020;8(4):218.
46. Ambrose PJ. An advanced pharmacy practice experience in sports pharmacy. *Am J Pharm Educ* 2008;72(1):19.
47. Šipavičiūtė B, Šukys S, Dumčienė A. Doping prevention in sport: Overview of anti-doping education programmes. *Balt J Sport Health Sci* 2020;2(117).
48. Gatterer K, Gumpenberger M, Overbye M, Streicher B, Schobersberger W, Blank C. An evaluation of prevention initiatives by 53 national anti-doping organizations: achievements and limitations. *J Sport Health Sci* 2020;9(3):228-39.
49. Ambrose PJ. Educational opportunities and anti-doping roles and responsibilities for pharmacists. *Yakugaku Zasshi* 2011;131(12): 1761-4.