Tělesná kultura, ročník 43, číslo 1, 2020, 41–50
doi: 10.5507/tk.2020.010

Nový trend v používání zakázaných látek v CrossFitu®

Petr Schlegel*

Katedra tělesné výchovy a sportu, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové, Hradec Králové, Česká republika

Copyright: © 2020 P. Schlegel. Toto je open access článek vydaný pod Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Východiska: Problematika dopingu se nevyhnula ani CrossFitu®, který představuje mladou progresivní sportovní disciplínu. Crossfitový výkon vyžaduje vysokou úroveň silových i vytrvalostních schopností, které jsou navíc v pestrých kombinacích. V posledních letech se nejen zvýšil počet pozitivně testovaných atletů, ale také se objevily nově používané látky SARM (selektivní modulátor androgenního receptoru) a PPARδ (receptory aktivované proliferátory peroxizomů). Jedná se o podpůrné prostředky, které jsou velmi dobře dostupné a představují tak zvýšené riziko. **Cíle:** Vytvořit seznam pozitivně testovaných atletů v CrossFitu®. Představit SARM a PPARδ, jejich účinky a možnosti zneužití. **Metodika:** Z oficiálních zpráv byl sestaven seznam atletů s dopingovým nálezem. Bylo provedeno review literatury týkající se vybraných SARM a PPARδ, vztahující se k danému tématu. K vyhledávání byly použity databáze Scopus, Web of Science, PubMed, Google scholar. **Výsledky:** PPARδ se ukazují jako účinný lék pro pacienty s diabetem II. typu nebo metabolickým syndromem. Mají funkci ve zvýšení oxidace mastných kyselin, transportu glukózy ve svalu. Dále přispívají ke zvýšení vytrvalostního výkonu. Potenciální vedlejší účinky jsou sice mírné, ale zasahují kosterní a oběhovou soustavu. SARM představují substituci anabolických steroidů. Prokazuje se jejich srovnatelná účinnost. Jejich vedlejší účinky jsou pravděpodobně mírnější, nicméně je zde zřejmý vliv na změnu lipidového nebo hormonálního spektra. U SARM je k dispozici velmi málo validních informací a provedených studií. **Závěry:** Na vzorku profesionálních atletů se ukazuje, že doping je aktuální téma v CrossFitu®. SARM a PPARδ nacházejí oblibu u uživatelů díky účinnosti, dostupnosti a relativně nízkým akutním vedlejším efektům. Obě látky sebou přinášejí zdravotní rizika a v mnohých ohledech nejsou zmapovány jejich dlouhodobé negativní účinky. V tomto ohledu je důležité nadále edukovat sportovní obec a upozorňovat na nové trendy ve zneužívání zakázaných látek.

Klíčová slova: doping, SARM, PPAR, síla, vytrvalost

Úvod

CrossFit® vznikl v 90. letech jako cvičební a tréninkový systém ve Spojených státech amerických. Velmi brzy se začala vytvářet výkonnostní a závodní podoba, což se projevilo organizací prvních CrossFit® Games v roce 2007 (Mangine, Cebulla, & Feito, 2018). Závodní podoba CrossFitu® si postupně získala mnoho příznivců, CrossFit® Games Open se aktuálně účastní stovky tisíc atletů (Serafini, Feito, & Mangine, 2018). Dalším důkazem je pořádání mnoha lokálních i mezinárodních závodů, které sice nejsou přímo organizovány CrossFit®, LLC (limited liability company), ale obsahují shodné atributy.

Sportovci musí v CrossFitu® podávat velmi rozličné výkony. WOD (workout of the day – „trénink dne“) obsahuje čistě silové výkony s externí zátěží, s vlastním tělem, olympijské vzpírání (Tibana et al., 2019). V této oblasti se nejvíce promítá absolutní síla, silová vytrvalost a relativní síla. Na druhé straně jsou kladeny požadavky i na vytrvalostní výkony, které mohou mít různorodou povahu z hlediska délky trvání i zastoupení modalit (běh, veslování, plavání atd.). Unikátním atributem je spojení všech těchto prvků. Pro úspěch v CrossFitu® je tedy nutné disponovat výraznými silovými schopnostmi a též širokou škálou vytrvalostních schopností (Schlegel, Režný, & Fialová, 2020).

Doping je bohužel stále aktuální téma s čímž souvisí i objevování jeho nových forem. Problém používání zakázaných látek se nemohl vyhnout ani CrossFitu®, a proto od roku 2018 spolupracuje s WADA (World Anti-Doping Agency). První odhalený případ se objevil o dva roky později. V posledních letech se začali kromě tradičně zneužívaných zakázaných látek (anabolické steroidy, růstový hormon, stimulanty) objevovat SARM (selektivní modulátor androgenního receptoru) a PPAR (peroxisome proliferator-activated receptor). Ty se staly oblíbenými nejen v CrossFitu®, a to jak u amatérských, tak i profesionálních sportovců (Van Wagoner, Eichner, Bhasin, Deuster, & Eichner, 2017).

* Korespondenční adresa: Petr Schlegel, Katedra tělesné výchovy a sportu, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové, U Pivovarské flošny 296/3, 500 03 Hradec Králové, email: petr.schlegel@gmail.com

Cílem článku je představit nově používané zakázané látky SARM a PPARδ, popsat jejich funkci a související zdravotní rizika. Existuje více druhů zmíněných látek, pozornost bude zaměřena na LGD 4033, RAD 140, Ostarin (SARM) a GW501516 (PPARδ). Sekundárním cílem je upozornit na problematiku dopingu v CrossFitu®.

Metodika

Na základě dostupných oficiálních zpráv od CrossFit®, LLC (2020) z jejich webového portálu byl sestaven seznam atletů, kteří byli testováni pozitivně při účasti na CrossFit® Games zahrnující i kvalifikační závody, včetně detekovaných látek. Jednalo se o časové rozpětí let 2010–2019. Pro získání relevantních informací k dané problematice byla provedena literární rešerše. Byly použity databáze Scopus, Web of Science, PubMed, Google scholar. Zadána byla klíčová slova a jejich spojení: „CrossFit“, „high intensity functional training“, „performance enahancing drugs“, „doping“, „sarm“, „selective androgen receptor modulator“, „LGD 4033“, „RAD 140“, „Ostarine“, „peroxisome proliferator-activated receptor“, „GW501516“. Sběr dat byl ukončen v září 2020. Pro zařazení byla stanovena kritéria: intervenční studie, bez specifik výzkumného vzorku, ve výzkumu použity látky LGD 4033, RAD 140, Ostarine nebo GW501516. Nebyly zařazeny klinické studie bez publikačního výstupu. Celkem bylo nalezeno 33 studií, které byly rozděleny na dvě skupiny: SARM a GW501516, a přehledně sestaveny do tabulek.

Výsledky

Tabulka 1 zobrazuje pozitivně testované atlety na CrossFit® Games a Regionals. Seznam byl sestaven podle oficiálních zpráv CrossFit®, LLC (2020). Je patrné, že počet dopingových nálezů se postupně zvyšoval, bohužel nejsou známy celkové počty provedených testů. Zneužívání zakázaných látek se týká především mužů, a to v individuálních kategoriích. Dále je popsáno, jaká látka byla detekována a do jaké kategorie spadá.

Uvedena je i doba zákazu účasti na závodech, zde lze konstatovat postupné zpřísnění sankcí, které jsou až na výjimky 4 roky. Od roku 2017 jsou zaznamenány případy použití SARM (RAD 140, Ostarine, LGD4033) a také PPARδ (GW501516).

PPAR jsou ligandem aktivované transkripční faktory, které se řadí do nukleárních receptorů. Podílejí se na metabolismu živin a mají schopnost regulace lipidů, glukózy nebo cholesterolu (Wright, Bortolini, Tadayyon, & Bopst, 2014). Další funkcí je také pozitivní vliv na zánětlivé prostředí. PPAR se prokázaly jako účinné v léčbě metabolického syndromu nebo obezity (d’Angelo et al., 2019). PPAR je více druhů, jako zakázaná látka byl u crossfiterů detekován PPARδ s obchodními názvy GW501516, GW1516, Cardarine, GSK-516, endurobol.

V Tabulce 2 jsou uvedeny studie, které se zabývaly působením GW501516. Lze se setkat i s jinými obchodními názvy, jedná se však o stejnou účinnou látku. Většina studií byla realizovaná na myších, dále se také jednalo o výzkumy in vitro (Kino, Rice, & Chrousos, 2007; Smith, Coleman, Thompson, & Vanden Heuvel, 2016). Pouze tři studie sledovaly účinky na lidském vzorku (Sprecher et al., 2007; Risérus et al., 2008; Olson, Pearce, Jones, & Sprecher, 2012).

GW501516 se zdá být účinným prostředkem ve zvýšení oxidace mastných kyselin (Nagasawa et al., 2006; Chen et al., 2015), transportu glukózy ve svalech (Chen, Wang, Liu, Long, & Li, 2008). Tyto změny přispívají ke zvýšení fyzického (běžeckého) vytrvalostního výkonu (Wang et al., 2004; Zizola et al., 2015, Fan et al., 2017). Došlo také ke zlepšení lipidového spektra, konkrétně snížení hladiny LDL cholesterolu (Sprecher et al., 2007; Risérus et al., 2008; Olson et al., 2012). Potenciál se ukazuje i v protizánětlivé aktivitě (Nagasawa et al., 2006; Kino et al., 2007).

Vliv na nádorová onemocnění není jednotný, prokázaly se protichůdné efekty (Yin et al., 2005; Yuan et al., 2013, Smith et al., 2016). Závěry se však kloní k bezpečnosti z pohledu karcinogenity. Vedlejšími účinky při dlouhodobém užívání mohou být kardiologické komplikace nebo zhoršení kostní resorpce (Wright et al., 2014).

SARM je druh ligandního androgenního receptoru, jehož funkce je v působení podobně jako v případě steroidních hormonů. Na jejich vývoji se pracuje od 90. let minulého století a představují možnost nahrazení steroidních hormonů v terapii (Naafs, 2018). Zároveň je zde potenciál ve snížení vedlejších účinků, které sebou tento druh léčby přináší.

Vybrané SARM, které byly zjištěny při pozitivních testech u crossfiterů jsou zobrazeny v Tabulce 3. Připojeny jsou i další obchodní názvy, pod kterými jsou prodávány. Výzkumným souborem byly většinou myší vzorky a kromě Basaria et al. (2013) se jednalo o specifické věkové nebo zdravotní skupiny. Velmi častým výstupem je nárůst svalové hmoty (např. Dobs et al, 2013; Miller et al., 2011; Ponnusamy, Sullivan, Thiyagarajan, Tillmann, Getzenberg, & Narayanan, 2017), efekt byl v několika případech srovnatelný s účinkem dihydrotestosteronu (Dubois et al., 2015; Simitsidellis et al., 2019). Dalšími souvisejícími efekty jsou zvýšení svalové síly nebo zlepšení ve funkčních testech (Zilbermint & Dobs, 2009). Pozitivní efekt na zvýšení síly potvrzují Liva et al. (2020).

Obecně nejsou konstatovány androgenní efekty jako u anabolických steroidů (Solomon et al., 2018). U RAD140 a Ostarinu je potenciál v nízkém působení na prostatu (Jayaraman et al., 2014; Zilbermint & Dobs,

Tabulka 1 *Pozitivní dopingové nálezy u crossfitových atletů (CrossFit®, LLC, 2020)*

rok	M/F	substance	kategorie	zákaz činnosti (roky)	divize
2010					
	M	Methylhexanamin	stimulancia	anulace výsledků	I
	M	Methylhexanamin	stimulancia	anulace výsledků	I
2014					
	F	B-methylphenethylamin	stimulancia	1	I
	F	Metandienon	anabolické androgenní steroidy	2	I
2015					
	M	Anastrozol, Letrozol, 19-norandrosteron	selektivní modulátory estrogenových receptorů, anabolické androgenní steroidy	2	I
	F	Oxandrolon	anabolické androgenní steroidy	2	I
	M	Ostarine	ostatní anabolické látky (SARM)	1	I
	M	odmítnutí		1	I
2016					I
	M	Trenbolon	anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	Oxandrolon	anabolické androgenní steroidy	2	I
	M	Anastrozol	selektivní modulátory estrogenových receptorů	2	I
	F	Klomifen	selektivní modulátory estrogenových receptorů	1	I
	M	nespecifikované anabolikum	anabolické androgenní steroidy	2	I
2017					
	M	Klomifen	selektivní modulátory estrogenových receptorů	2	I
	M	Ostarin	ostatní anabolické látky (SARM)	2	I
	M	Methylhexaneamin	stimulants	2	I
	M	Klomifen	selektivní modulátory estrogenových receptorů	4	I
	F	Klenbuterol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	M	Klomifen	selektivní modulátory estrogenových receptorů	4	I
	M	Klenbuterol, modafinil, zvýšená hladina testosteronu	anabolické androgenní steroidy, stimulancia	4	I
	M	Tamoxifen	selektivní modulátory estrogenových receptorů	4	I
	M	RAD 140, GW501516	ostatní anabolické látky (SARM), metabolické modulátory (PPARδ)	4	I
	M	Anastrozol	selektivní modulátory estrogenových receptorů	4	I
	M	Ostarine and RAD 140	ostatní anabolické látky (SARM)	4	I
2018					
	F	Klomifen, meldonium, drostanolon	selektivní modulátory estrogenových receptorů, anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	Epimentendiol, methandienon, oxandrolon, epioxandrolon, methanol, letrozol, amphetamin	selektivní modulátory estrogenových receptorů, anabolické androgenní steroidy, stimulancia	4	I
	M	LGD4033	ostatní anabolické látky (SARM)	4	T
	F	GW1516	metabolické modulátory (PPARδ)	4	I 35–39
	M	GW501516, ostarine	metabolické modulátory (PPARδ), ostatní anabolické látky (SARM)	4	I 40–44
	F	Ibutamoren	peptidové hoemony a jejich uvolňovací faktory	4	I
	M	Klomifen	selektivní modulátory estrogenových receptorů	4	T
	F	Ostarine	ostatní anabolické látky (SARM)	4	T
	F	Higenamine	beta-2 agonisté	4	T
	F	Stanozolol	anabolické androgenní steroidy	4	T
	M	Exogenní testosterone	anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	GW501516, turinabol	metabolické modulátory (PPARδ), anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	Stanozolol	anabolické androgenní steroidy	4	T
	M	GW501516	metabolické modulátory (PPARδ)	4	I
	F	Oxandrolon	anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	1,3-dimethylbutylamin	stimulancia	4	I
	M	GW501516	metabolické modulátory (PPARδ)	4	I
	F	Stanozolol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	M	Epimentendiol, methandienone, ostarine, LGD4033	anabolické androgenní steroidy, ostatní anabolické látky (SARM)	4	I

rok	M/F	substance	kategorie	zákaz činnosti (roky)	divize
2019					
	F	GW501516, ostarine	metabolické modulátory (PPARδ), ostatní anabolické látky (SARM)	4	I
	M	Tamoxifen, choriogonadotropin	selektivní modulátory estrogenových receptorů, peptidové hormony a jejich uvolňovací faktory	4	I
	M	GW501516	metabolické modulátory (PPARδ)	4	I
	F	Oral turinabol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	GW501516	metabolické modulátory (PPARδ)	4	I 55–59
	M	Oral turinabol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	M	Stanozolol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	F	Klenbuterol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	M	Ostarin, RAD-140	ostatní anabolické látky (SARM)	4	I
	M	Stanozolol	anabolické androgenní steroidy	4	I
	M	Exogenní testosteron	anabolické androgenní steroidy	4	I 55–59
	M	Exogenní testosteron	anabolické androgenní steroidy	4	I 60+
	M	GW501516	metabolické modulátory (PPARδ)	4	I 40–44
	F	Stanozolol	anabolické androgenní steroidy	4	I 55–59

Poznámka: M – muž; F – žena; I – individuální; T – týmy

2009), což bývá problematické u testosteronové terapie. Dalším společným znakem je snížení tukové hmoty (Miller et al., 2010), Basaria et al. (2013) a Zilbermint a Dobs (2009) však konstatují také snížení HDL cholesterolu. Negativní změny v lipidovém spektru jsou konstatovány Daltonem et al. (2011).

U Ostarinu (Dalton et al., 2011; Zilbermint & Dobs; 2009) se prokázal účinek zlepšení inzulinové rezistence. V některých případech byly popsány vedlejší účinky jako suprese testosteronu (Basaria et al., 2013), nauzea, únava, průjem (Zilbermint & Dobs, 2009) U vybraných SARM lze shledat podobné efekty, které lze srovnávat s účinky testosteronu.

Z vybraných SARM je nejlépe zdokumentovaný Ostarin, zde bylo provedeno více výzkumů (Crawford et al., 2016; Dobs et al., 2013; Zilbermint & Dobs, 2009). Ačkoliv lze očekávat podobné působení jednotlivých SARM na lidský organismus, nejedná se o shodné látky, proto nelze jejich účinky automaticky sdružovat.

Diskuse

Výkony v CrossFitu® jsou závislé na vysoké úrovni nejen silových, ale také vytrvalostních schopností (Schlegel et al., 2020). Jak ukazují dopingové nálezy (Tabulka 1), jsou pro tyto účely zneužívány také SARM i PPARδ. Lze předpokládat, že profesionální atleti představují jen špičku ledovce a převážné množství uživatelů se nachází v řadách amatérů (de Hon et al., 2015). Celkově je k dispozici velmi málo informací o dopování v CrossFitu® (Mulrooney & van de Ven, 2019). Testování je záležitostí závodů organizovaných CrossFit®, LLC (CrossFit® Games, Sanctionals), ostatní lokální i mezinárodní závody fungují nezávisle a testování je na rozhodnutí pořadatele. Bohužel vzhledem k nákladnosti a absenci systémového přístupu k zakázaným látkám, resp. trestům, kontroly standardně neprobíhají. Kritika se snáší na neprůhlednost testování – je realizováno pouze během závodu, nejsou známy celkové počty testů, výběr konkrétních atletů nebo národností atd.

PPARδ se ukazují jako velmi účinné ve schopnosti lépe využívat lipidy jako zdroj pro svalovou práci (Fan et al., 2017). Je také pravděpodobné, že zde bude efektivnější využití aerobní glykolýzy. Tyto efekty vedou ke zvýšení vytrvalostního výkonu (d'Angelo et al., 2019; Wang et al., 2004). CrossFit® je příznačný pestrou délkou i povahou crossfitového výkonu, který bývá relativně krátký (do 20 minut) a má vysokou intenzitu (na základě tepové frekvence, laktátu nebo RPE – škála vnímané intenzity) (Feito et al., 2018). Dalším znakem výkonnostních atletů je nízké procento podkožního tuku, i tento aspekt může být dobře ovlivněn užíváním GW501516.

Z pohledu zdravotních rizik se zdá, že PPARδ představují relativně bezpečný lék pro pacienty s diabetem II. typu nebo metabolickým syndromem (d'Angelo et al., 2019). Akutní absence vedlejších efektů je dobrou zprávou pro pacienty, bohužel zvyšuje riziko jejich zneužívání sportovci. Je důležité zdůraznit, že obvykle se jednalo v uvedených studiích o krátkodobé výzkumy se specifickým vzorkem (kromě Sprecher et al., 2007), které navíc nesledovali soubor po ukončení intervence. U sportovců se lze setkat nejen s nadužíváním v podobě množství, ale také s prodloužením doby užívání (Vanberg & Atar, 2010). Je zřejmé, že po vysazení GW501516 dojde ke zpomalení metabolismu tuků, což může vést k rychlejšímu nabírání hmotnosti, retenci vody, zvýšení únavy, snížení výkonnosti. Tyto následky se mohou také přenést do body image a ovlivnit i psychické aspekty uživatele.

Tabulka 2 *Výzkumy sledující účinky GW501516*

Studie	N	Délka (dny)	Výzkumný soubor	Hlavní závěry
Wang et al. (2004)		77	myši	zvýšený počet svalových vláken typu I, pozitivní vliv na únavu, vytrvalost, běžeckou kapacitu
Yin et al. (2005)		140	myši s karcinomem prsu	zrychlená tvorba nádoru
Nagasawa et al. (2006)		35	myši, dieta s deficitem methioninu a cholinu	zlepšení jaterní steatózy pomocí beta-oxidace mastných kyselin; protizánětlivá funkce
Chen et al. (2008)		14	myši s metabolickým syndromem	zvýšení oxidace mastných kyselin ve svalech, tukové tkáni a játrech; zlepšení transportu glukózy ve svalu a tukové tkáni; snížená lokální syntéza glukokortikoidů
Pollock et al. (2010)		56	myši s karcinomem žaludku	rychlý rozvoj metastatických nádorů žaludku
Alvarez-Guardia et al. (2011)		21	myši, vysokotuková dieta	zlepšení zánětlivých merkerů
Yuan et al. (2013)		140	myši s karcinomem prsu	snížená latence nádoru
Gu et al. (2014)		28	myši po fototerapeutické keratektomii	inhibice reepitelizace, podpora angiogeneze, aktivace a proliferace keratocytů
Chen et al. (2015)		21	myši	zvýšení běžeckého výkonu; zvýšení hladiny klíčových metabolitů a enzymů při oxidaci mastných kyselin; zvýšení hladiny mastných kyselin v séru
Zizola et al. (2015)		56	myši s ventrikulární dysfunkcí	zlepšená běžecká vytrvalost, ochranný účinek proti poklesu mastných kyselin vyvolaný cytokiny
Fan et al. (2017)		28	myši	zvýšené využití mastných kyselin (optori glykogenu); zvýšení běžecké vytrvalosti; žádné změny ve svalových vláknech nebo množství mitochondrií
Kino et al. (2007)			buňky lidského hepatomu HepG2 (in vitro)	potlačení systémových zánětlivých reakcí
Sprecher et al. (2007)	24	14	zdraví muži	zvýšení hladiny HDL (low-density lipoprotein) cholesterolu, snížení triglyceridů
Risérus et al. (2008)	18	14	středně obézní muži	snížení hladiny triglyceridů, LDL (low-density lipoprotein) cholesterolu, alipoproteinu B, inzulínu a jaterního tuku
Smith et al. (2012)			buňky alergických subjektů (in vitro)	zmírnění eozinofilie
Olson et al. (2012)	37	84	muži s vysokým HDL cholesterolem	snížení hladiny LDL cholesterolu, triglyceridů, volných mastných kyselin; zvýšení hladiny HDL cholesterolu, apolipoproteinu A1
Coleman et al. (2013)			buňky rakoviny pankreatu (in vitro)	regulace invaze buněk rakoviny pankreatu
Smith et al. (2016)			buňky rakoviny pankreatu (in vitro)	suprese prozánětlivé exprese v THP-1 makrofázích, snížení invazivity přes bazální membránu

Poznámka: Tabulka rozdělena podle výzkumného souboru, v horní polovině jsou uvedeny studie používající myší vzorek.

Používání látek zvyšující svalovou sílu, nárůst svalové hmoty nebo zlepšení regenerace je velmi rozšířené. Tyto vlastnosti mají anabolické steroidy, které se staly synonymem dopingu (Alquraini & Auchus, 2018; Sagoe et al., 2014). Jak se ukazuje, SARM dokáží působit velmi podobně a v krátkodobém měřítku jsou srovnatelné s externě dodávaným testosteronem (Basaria et al, 2013). Problémem SARM se stává jejich dobrá dostupnost (pomocí e-shopů), orální podání (není nutná injekční aplikace) a také relativně nízké vedlejší efekty (v porovnání s jinými steroidními látkami) (Miklos, 2018). Jedná se však o černý trh, kde se nelze spoléhat na kvalitu produktu. Podle zjištění téměř 50% produktů neobsahovalo uváděné množství účinné látky nebo obsahovalo látku jinou (van Wagoner et al, 2017). Tímto se takový produkt stává ještě nebezpečnějším.

Jedním ze zásadních rizik u SARM je nedostatek validních studií a podkladů pro jejich používání (Tabulka 2). Např. u RAD140 není k dispozici ani jedna studie na lidském vzorku, u LGD4033 existuje pouze jedna publikovaná studie (Basaria et al., 2013). Na základě takových podkladů nelze konstatovat odpovídající závěry o zdravotních rizicích. Basaria et al. (2013) a Dalton et al. (2011) konstatují zřejmý vliv na hormonální spektrum, které sebou jistě ponese negativní konsekvence po ukončení terapie. Bohužel taková data nejsou k dispozici.

Tabulka 3 *Přehled výzkumů sledující vybrané SARM*

SARM	Studie	N	Délka (dny)	Výzkumný soubor	Hlavní závěry
LGD4033 (ligandrol)					
	Basaria et al. (2013)	76	21	zdraví muži (21–50)	zvýšení svalové hmoty; suprese celkového testosteronu, sexuální hormon vázající globulin, HDL cholesterolu
RAD 140 (testolone)					
	Miller et al. (2010)			myši	zvýšení svalové hmoty; snížení lipidů; hladina aminotransferáz beze změny
	Jayaraman et al. (2014)		14	myši	stejná efektivita jako testosterone ve snížení zániku buněk způsobených apoptózou; neuroprotektivní efekt; androgenní působení s nízkým vlivem na prostatu
	Yu et al. (2017)			myši s rakovinou prsu	aktivace androgenních receptorů; inhibice růstu rakoviny prsu
Ostarine (enobosarm, GTx-024, S-22)					
	Zilbermint & Dobs (2009)	71	14	senioři, zdraví muži (18–45)	pozitivní změny na svalech; bez negativních efektů na prostatu a kůži
	Dalton et al. (2011)	120	84	muži > 60, postmenopauzální ženy	zvýšení svalové hmoty; zlepšení fyzických funkcí a inzulinové resistence, snížení HDL i LDL cholesterolu, suprese testosteronu
	Dobs et al. (2013)	159	113	muži > 45, postmenopauzální ženy s rakovinou	zvýšení svalové hmoty; bez toxického efektu
	Kim et al. (2013)			myši	rychlá a úplná absorpce; vysoká orální biologická dostupnost; široká tkáňová distribuce; mírná plazmatická clearance
	Dubois et al. (2015)			myši bez androgenního receptoru	efektivní jako dihydrotestosterone v nárůstu svalové hmoty (levator ani)
	Crawford et al. (2016)	321	86	muži, ženy s rakovinou plic	zvýšení svalové hmoty; zlepšení fyzických funkcí
	Ponnusamy et al. (2016)			postmenopauzální myši	restorace pelvického svalsta; zvýšení svalové hmoty
	Hoffmann et al. (2018)		35	myši s odstraněnými vaječníky	zvýšení kostní denzity; zvýšení hmotnosti dělohy
	Simitsidellis et al. (2019)		7	myši s odstraněnými vaječníky	zvýšení velikosti a hmosti dělohy; identický efekt jako dihydrotestosteron
	Liva et al. (2020)		14	myši s rakovinou	(v kombinaci s inhibitorem AR-42), zvýšení hmotnosti, svalové hmoty zadních končetin, síly úchopu
	Komrakova et al. (2020)		35	myši s odstraněnými vaječníky, po osteotomii metafýzy tibie	zvýšení hmotnosti m. gastrocnemius; zvýšení hmotnosti dělohy; snížení hladiny cholesterolu; pozitivní efekt na hojení kostí

U žádné studie nebyl vzorek podrobně sledován po ukončení intervence. Změna lipidového spektra, která je typická u působení anabolických steroidů, se vrací do původního stavu v řádu měsíců (v závislosti na době terapie). Podobné je to s návratem hladiny testosteronu (Bhasin et al. 1996; Velho et al., 2017). Tyto změny poté způsobují lavinový efekt v ovlivnění dalších orgánových soustav, behaviorálních aspektů, kvality života atd. (Kanayama et al., 2008). Ačkoliv pro to není opora ve výzkumu, lze se domnívat, že takové konsekvence lze očekávat i při používání SARM.

Nejen výkon, ale i vzhled bývá důvodem k používání zakázaných látek. I proto se objevuje označení PIED (performance and image enhancing drugs) (Piacentino et al., 2017). SARM i GW501516 mají výrazný potenciál ve změně tělesného složení, siluety těla, snížení podkožního tuku, hypertrofie svalů. I proto se stávají cílem širokého spektra sportovců a jsou pak používány v návaznosti na roční období. U obou látek je však po vysazení téměř jistě následek ve zhoršení všech zmíněných parametrů. Konsekvence je pak možné konstatovat ve zhoršení body image a díky tomu v možné recidivě.

Zneužívání SARM a PPARδ není záležitostí jen CrossFitu®, ale objevuje se i v jiných sportovních disciplínách. V roce 2017 bylo prostřednictvím WADA

pozitivně testováno 57 sportovců na SARM (Kintz, Ameline, Gheddar, & Raul, 2019). Zmíněné číslo však pravděpodobně představuje vrcholek ledovce. Důležité je zdůraznit, že dominantně jsou tyto látky používány amatérskými sportovci, kteří nepodléhají žádným kontrolám (van Wagoner et al., 2017). Podle antidopingového výboru ČR byl zaznamenám jeden případ zneužití GW501516, u SARM žádný. Na základě dostupných informací lze jen spekulovat o rozšíření u české sportující populace, nejsou k dispozici žádné validní údaje. Velmi snadná dostupnost a podpora některými influencery však nasvědčuje nemalému zneužívání těchto látek.

Závěr

CrossFit® je nová moderní disciplína, která přitahuje pozornost mladých lidí a vyznačuje se vysokou úrovní silových i vytrvalostních výkonů. Na profesionálních atletech se ukazuje, že je zde změna ve zneužívání zakázaných látek. Mezi tyto látky patří SARM a PPARδ, které byly původně vytvářeny pro lékařské účely. Díky účinnosti, snadné dostupnosti a relativně malým akutní vedlejším efektům se staly rozšířenými. Bohužel tyto okolnosti nahrávají i zneužívání pro dopingové účely mezi profesionály i amatéry a představují tak zvýšené nebezpečí. Je zapotřebí zdůraznit, že oba produkty nebyly zamýšleny pro sportující populaci, a tedy nebyly ani takovým způsobem testovány. SARM navíc zatím nebyly schváleny jako lék, jejich používání je pouze pro vědecké nebo klinické účely a celkově chybí dostatek informací pro jejich použití.

Kromě etického hlediska jsou zde četná zdravotní rizika, která by měla být zdůrazňována a měla by se stát součástí edukace sportovní obce. U SARM se jedná především o supresi testosteronu, snížení HDL i LDL cholesterolu a narušení vnitřní homeostázy, která vyžaduje dlouhodobý návrat k původním hodnotám. PPARδ mohou způsobit kardiologické komplikace nebo zhoršit kostní resorpci. Způsobují také nestandardní změny v povaze a rychlosti metabolismu.

Reference

Alquraini, H., & Auchus, R. J. (2018). Strategies that athletes use to avoid detection of androgenic-anabolic steroid doping and sanctions. *Molecular and Cellular Endocrinology*, *464*, 28–33. doi: 10.1016/j.mce.2017.01.028

Alvarez-Guardia, D., Palomer, X., Coll, T., Serrano, L., Rodríguez-Calvo, R., Davidson, M. M., … Vázquez-Carrera, M. (2011). PPARβ/δ activation blocks lipid-induced inflammatory pathways in mouse heart and human cardiac cells. *Biochimica Et Biophysica Acta*, *1811*(2), 59–67. doi: 10.1016/j.bbalip.2010.11.002

Basaria, S., Collins, L., Dillon, E. L., Orwoll, K., Storer, T. W., Miciek, R., … Bhasin, S. (2013). The safety, pharmacokinetics, and effects of lgd-4033, a novel nonsteroidal oral, selective androgen receptor modulator, in healthy young men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *68*(1), 87–95. doi: 10.1093/gerona/gls078

Bhasin, S., Storer, T. W., Berman, N., Callegari, C., Clevenger, B., Phillips, J., … Casaburi, R. (1996). The effects of supraphysiologic doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *New England Journal of Medicine*, *335*(1), 1–7. doi: 10.1056/NEJM199607043350101

Coleman, J. D., Thompson, J. T., Smith, R. W., Prokopczyk, B., & Vanden Heuvel, J. P. (2013). Role of peroxisome proliferator-activated receptor β/δ and b-cell lymphoma-6 in regulation of genes involved in metastasis and migration in pancreatic cancer cells. *PPAR Research*, *2013*, 121956. doi: 10.1155/2013/121956

Crawford, J., Prado, C. M. M., Johnston, M. A., Gralla, R. J., Taylor, R. P., Hancock, M. L., & Dalton, J. T. (2016). Study design and rationale for the phase 3 clinical development program of enobosarm, a selective androgen receptor modulator, for the prevention and treatment of muscle wasting in cancer patients (POWER Trials). *Current Oncology Reports*, *18*(6), 37. doi: 10.1007/s11912-016-0522-0

CrossFit, LLC. (2020, 10. září). *Breach of drug policy.* Retrieved from: https://games.crossfit.com/announcement.

d'Angelo, M., Castelli, V., Tupone, M. G., Catanesi, M., Antonosante, A., Dominguez-Benot, R., … Benedetti, E. (2019). Lifestyle and food habits impact on chronic diseases: Roles of PPARs. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(21), 1-31. doi: 10.3390/ijms20215422

Dalton, J. T., Barnette, K. G., Bohl, C. E., Hancock, M. L., Rodriguez, D., Dodson, S. T., … Steiner, M. S. (2011). The selective androgen receptor modulator GTx-024 (enobosarm) improves lean body mass and physical function in healthy elderly men and postmenopausal women: Results of a double-blind, placebo-controlled phase II trial. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *2*(3), 153–161. doi: 10.1007/s13539-011-0034-6

de Hon, O., Kuipers, H., & van Bottenburg, M. (2015). Prevalence of doping use in elite sports: A review of numbers and methods. *Sports Medicine*, *45*(1), 57–69. doi: 10.1007/s40279-014-0247-x

Dobs, A. S., Boccia, R. V., Croot, C. C., Gabrail, N. Y., Dalton, J. T., Hancock, M. L., … Steiner, M. S. (2013). Effects of enobosarm on muscle wasting and physical function in patients with cancer: A double-blind, randomised controlled phase 2 trial. *The Lancet. Oncology*, *14*(4), 335–345. doi: 10.1016/S1470-2045(13)70055-X

Dubois, V., Simitsidellis, I., Laurent, M., Jardi, F., Saunders, P., Vanderschueren, D., & Claessens, F. (2015). Enobosarm (GTx-024) modulates adult skeletal muscle mass independently of the androgen receptor in the satellite cell lineage. *Endocrinology*, *156*, en20151479. doi: 10.1210/en.2015-1479

Fan, W., Waizenegger, W., Lin, C. S., Sorrentino, V., He, M.-X., Wall, C. E., … Evans, R. M. (2017). PPARδ promotes running endurance by preserving glucose. *Cell Metabolism*, *25*(5), 1186-1193.e4. doi: 10.1016/j.cmet.2017.04.006

Feito, Y., Heinrich, K. M., Butcher, S. J., & Poston, W. S. C. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and research implications for improved fitness. *Sports (Basel, Switzerland)*, *6*(3), 1-19. doi:10.3390/sports6030076

Gu, Y., Li, X., He, T., Jiang, Z., Hao, P., & Tang, X. (2014). The antifibrosis effects of peroxisome proliferator-activated receptor δ on rat corneal wound healing after excimer laser keratectomy. *PPAR Research*, *2014*, 464935. doi: 10.1155/2014/464935

Hoffmann, D. B., Komrakova, M., Pflug, S., von Oertzen, M., Saul, D., Weiser, L., … Sehmisch, S. (2018). Evaluation of ostarine as a selective androgen receptor modulator in a rat model of postmenopausal osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, *37*(2), 243–255. doi: 10.1007/s00774-018-0929-9

Chen, W., Gao, R., Xie, X., Zheng, Z., Li, H., Li, S., … Wang, L. (2015). A metabolomic study of the PPARδ agonist GW501516 for enhancing running endurance in Kunming mice. *Scientific Reports*, *5*, 9884. doi: 10.1038/srep09884

Chen, W., Wang, L.-L., Liu, H.-Y., Long, L., & Li, S. (2008). Peroxisome proliferator-activated receptor delta-agonist, GW501516, ameliorates insulin resistance, improves dyslipidaemia in monosodium L-glutamate metabolic syndrome mice. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, *103*(3), 240–246. doi: 10.1111/j.1742-7843.2008.00268.x

Jayaraman, A., Christensen, A., Moser, V. A., Vest, R. S., Miller, C. P., Hattersley, G., & Pike, C. J. (2014). Selective androgen receptor modulator rad140 is neuroprotective in cultured neurons and kainate-lesioned male rats. *Endocrinology*, *155*(4), 1398–1406. doi: 10.1210/en.2013-1725

Kanayama, G., Hudson, J. I., & Pope, H. G. (2008). Long-term psychiatric and medical consequences of anabolic-androgenic steroid abuse. *Drug and Alcohol Dependence*, *98*(1–2), 1–12. doi: 10.1016/j.drugalcdep.2008.05.004

Kim, J., Wang, R., Veverka, K. A., & Dalton, J. T. (2013). Absorption, distribution, metabolism and excretion of the novel SARM GTx-024 [(S)-N-(4-cyano-3-(trifluoromethyl) phenyl)-3-(4-cyanophenoxy)-2-hydroxy-2-methylpropanamide] in rats. *Xenobiotica; the Fate of Foreign Compounds in Biological Systems*, *43*(11), 993–1009. doi: 10.3109/00498254.2013.788233

Kino, T., Rice, K. C., & Chrousos, G. P. (2007). The PPARδ agonist GW501516 suppresses interleukin-6-mediated hepatocyte acute phase reaction via STAT3 inhibition. *European Journal of Clinical Investigation*, *37*(5), 425–433. doi: 10.1111/j.1365-2362.2007.01796.x

Kintz, P., Ameline, A., Gheddar, L., & Raul, J.-S. (2019). LGD-4033, S-4 and MK-2866 – Testing for SARMs in hair: About 2 doping cases. *Toxicologie Analytique et Clinique, 31(1)*, 56–63. doi: 10.1016/j.toxac.2018.12.001

Komrakova, M., Furtwängler, J., Hoffmann, D. B., Lehmann, W., Schilling, A. F., & Sehmisch, S. (2020). The selective androgen receptor modulator ostarine improves bone healing in ovariectomized rats. *Calcified Tissue International*, *106*(2), 147–157. doi: 10.1007/s00223-019-00613-1

Liva, S. G., Tseng, Y.-C., Dauki, A. M., Sovic, M. G., Vu, T., Henderson, S. E., … Coss, C. C. (2020). Overcoming resistance to anabolic SARM therapy in experimental cancer cachexia with an HDAC inhibitor. *EMBO Molecular Medicine*, *12*(2), e9910. doi: 10.15252/emmm.201809910

Mangine, G. T., Cebulla, B., & Feito, Y. (2018). Normative values for self-reported benchmark workout scores in CrossFit® practitioners. *Sports Medicine – Open*, *4*(1), 39. doi: 10.1186/s40798-018-0156-x

Miklos, A. (2018). Selective androgen receptor modulators (SARMs) in the context of doping. *Farmacia*, *5*(66), 758–762. doi: 10.31925/farmacia.2018.5.3

Miller, C. P., Shomali, M., Lyttle, C. R., O'Dea, L. S. L., Herendeen, H., Gallacher, K., … Hattersley, G. (2011). Design, synthesis, and preclinical characterization of the selective androgen receptor modulator (SARM) RAD140. *ACS Medicinal Chemistry Letters*, *2*(2), 124–129. doi: 10.1021/ml1002508

Mulrooney, K. J. D., & van de Ven, K. (2019). 'The fittest on earth': Performance and image enhancing drugs use within UK CrossFit communities. In T. Raymen & O. Smith (Eds.), *Deviant Leisure: Criminological Perspectives on Leisure and Harm* (pp. 187–211). Cham: Springer International Publishing.

Naafs, M. A. (2018). Selective androgen receptor modulators (SARMs): A mini-review. *Open Access Journal of Reproductive System and Sexual Disorders*, *1*(1), 1–7. doi: 10.32474/OAJRSD.2018.01.000103

Nagasawa, T., Inada, Y., Nakano, S., Tamura, T., Takahashi, T., Maruyama, K., … Shibata, N. (2006). Effects of bezafibrate, PPAR pan-agonist, and GW501516, PPARδ agonist, on development of steatohepatitis in mice fed a methionine- and choline-deficient diet. *European Journal of Pharmacology*, *536*(1–2), 182–191. doi: 10.1016/j.ejphar.2006.02.028

Olson, E. J., Pearce, G. L., Jones, N. P., & Sprecher, D. L. (2012). Lipid effects of peroxisome proliferator-activated receptor-δ agonist GW501516 in subjects with low high-density lipoprotein cholesterol: Characteristics of metabolic syndrome. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *32*(9), 2289–2294. doi: 10.1161/ATVBAHA.112.247890

Piacentino, D., Kotzalidis, G. D., Longo, L., Pavan, A., Stivali, L., Stivali, G., … Sani, G. (2017). Body image and eating disorders are common among professional and amateur athletes using performance and image enhancing drugs: A cross-sectional study. *Journal of Psychoactive Drugs*, *49*(5), 373–384. 10.1080/02791072.2017.1359708

Pollock, C. B., Rodriguez, O., Martin, P. L., Albanese, C., Li, X., Kopelovich, L., & Glazer, R. I. (2010). Induction of metastatic gastric cancer by peroxisome proliferator-activated receptorδ activation. *PPAR Research*, *2010*, 571783. doi: 10.1155/2010/571783

Ponnusamy, S., Sullivan, R. D., Thiyagarajan, T., Tillmann, H., Getzenberg, R. H., & Narayanan, R. (2017). Tissue selective androgen receptor modulators (SARMS) increase pelvic floor muscle mass in ovariectomized mice. *Journal of Cellular Biochemistry*, *118*(3), 640–646. doi: 10.1002/jcb.25751

Risérus, U., Sprecher, D., Johnson, T., Olson, E., Hirschberg, S., Liu, A., … Karpe, F. (2008). Activation of peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR)δ promotes reversal of multiple metabolic abnormalities, reduces oxidative stress, and increases fatty acid oxidation in moderately obese men. *Diabetes*, *57*(2), 332–339. doi: 10.2337/db07-1318

Sagoe, D., Andreassen, C. S., Molde, H., & Torsheim, T. (2014). The global epidemiology of anabolic-androgenic steroid use: A meta-analysis and meta-regression analysis. *Annals of Epidemiology*, *5*(24), 383–398. doi: 10.1016/j.annepidem.2014.01.009

Serafini, P. R., Feito, Y., & Mangine, G. T. (2018). Self-reported measures of strength and sport-specific skills distinguish ranking in an international online fitness competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(12), 3474–3484. doi: 10.1519/JSC.0000000000001843

Schlegel, P., Režný, L., & Fialová, D. (2020). Pilot study: Performance-ranking relationship analysis in Czech crossfiters. *Journal of Human Sport and Exercise*, *16*, *in press*. doi: 10.14198/jhse.2021.161.17

Simitsidellis, I., Kelepouri, O., Gibson, D. A., Esnal-Zufiaurre, A., & Saunders, P. T. (2018). Androgen modulation of mouse uterus: A tissue-based bioassay for testing endogenous and synthetic androgen receptor modulators (SARMs). In *Endocrine Abstracts*, 59. Glasgow, UK: Society for Endocrinology BES 2018. doi: 10.1530/endoabs.59.OC5.5

Smith, R. W., Coleman, J. D., Thompson, J. T., & Vanden Heuvel, J. P. (2016). Therapeutic potential of GW501516 and the role of Peroxisome proliferator-activated receptor β/δ and B-cell lymphoma 6 in inflammatory signalling in human pancreatic cancer cells. *Biochemistry and Biophysics Reports*, *8*, 395–402. doi: 10.1016/j.bbrep.2016.10.014

Smith, S. G., Imaoka, H., Punia, N., Irshad, A., Janssen, L. L., Sehmi, R., & Gauvreau, G. M. (2012). The effect of PPAR agonists on the migration of mature and immature eosinophils. *PPAR Research*, *2012*, 235231. doi: 10.1155/2012/235231

Solomon, Z. J., Mirabal, J. R., Mazur, D. J., Kohn, T. P., Lipshultz, L. I., & Pastuszak, A. W. (2018). Selective androgen receptor modulators: Current knowledge and clinical applications. *Sexual Medicine Reviews*, *7*(1), 84–94. doi: 10.1016/j.sxmr.2018.09.006

Sprecher, D. L., Massien, C., Pearce, G., Perlstein, I., Willson, T. M., Hassall, D. G., … Johnson, T. G. (2007). Triglyceride:high-density lipoprotein cholesterol effects in healthy subjects administered a peroxisome proliferator activated receptor delta agonist. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *27*(2), 359–365. doi: 10.1161/01.ATV.0000252790.70572.0c

Tibana, R. A., Prestes, J., de Souza, N. M. F., de Souza, V. C., de Toledo Nobrega, O., Baffi, M., … Voltarelli, F. A. (2019). Time-course of changes in physiological, psychological, and performance markers following a functional-fitness competition. *International Journal of Exercise Science*, *12*(3), 904–918.

Van Wagoner, R. M., Eichner, A., Bhasin, S., Deuster, P. A., & Eichner, D. (2017). Chemical composition and labeling of substances marketed as selective androgen receptor modulators and sold via the internet. *JAMA*, *318*(20), 2004–2010. doi: 10.1001/jama.2017.17069

Vanberg, P., & Atar, D. (2010). Androgenic anabolic steroid abuse and the cardiovascular system. In D. Thieme & P. Hemmersbach (Eds.), *Doping in Sports: Biochemical Principles, Effects and Analysis* (pp. 411–457). Berlin, Heidelberg: Springer.

Velho, I., Fighera, T. M., Ziegelmann, P. K., & Spritzer, P. M. (2017). Effects of testosterone therapy on BMI, blood pressure, and laboratory profile of transgender men: A systematic review. *Andrology*, *5*(5), 881–888. doi: 10.1111/andr.12382

Wang, Y.-X., Zhang, C.-L., Yu, R. T., Cho, H. K., Nelson, M. C., Bayuga-Ocampo, C. R., … Evans, R. M. (2004). Regulation of muscle fibre type and running endurance by PPARδ. *PLoS Biology*, *2*(10), e294. doi: 10.1371/journal.pbio.0020294

Wright, M. B., Bortolini, M., Tadayyon, M., & Bopst, M. (2014). Minireview: Challenges and opportunities in development of PPAR agonists. *Molecular Endocrinology (Baltimore, Md.)*, *28*(11), 1756–1768. doi: 10.1210/me.2013-1427

Yin, Y., Russell, R. G., Dettin, L. E., Bai, R., Wei, Z.-L., Kozikowski, A. P., … Glazer, R. I. (2005). Peroxisome proliferator-activated receptor delta and gamma agonists differentially alter tumor differentiation and progression during mammary carcinogenesis. *Cancer Research*, *65*(9), 3950–3957. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-04-3990

Yu, Z., He, S., Wang, D., Patel, H. K., Miller, C. P., Brown, J. L., … Saeh, J. C. (2017). Selective androgen receptor modulator RAD140 inhibits the growth of androgen/estrogen receptor-positive breast cancer models with a distinct mechanism of action. *Clinical Cancer Research: An Official Journal of the American Association for Cancer Research*, *23*(24), 7608–7620. doi: 10.1158/1078-0432.CCR-17-0670

Yuan, H., Lu, J., Xiao, J., Upadhyay, G., Umans, R., Kallakury, B., … Glazer, R. I. (2013). PPARδ induces estrogen receptor-positive mammary neoplasia through an inflammatory and metabolic phenotype linked to mTOR activation. *Cancer Research*, *73*(14), 4349–4361. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-13-0322

Zilbermint, M. F., & Dobs, A. S. (2009). Nonsteroidal selective androgen receptor modulator Ostarine™ in cancer cachexia. *Future Oncology*, *5*(8), 1211–1220. doi: 10.2217/fon.09.106

Zizola, C., Kennel, P. J., Akashi, H., Ji, R., Castillero, E., George, I., … Schulze, P. C. (2015). Activation of PPARδ signaling improves skeletal muscle oxidative metabolism and endurance function in an animal model of ischemic left ventricular dysfunction. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, *308*(9), H1078-1085. doi: 10.1152/ajpheart.00679.2014

A new trend in use of performance enhancing drugs in CrossFit®

Background: The issue of doping also concerns CrossFit®, which represents a young progressive sports discipline. CrossFit® performance requires a high level of strength and endurance skills, which are also in various combinations. Another attribute is the high intensity associated with high demands on subsequent regeneration. As it turns out, these aspects are well influenced by banned substances. **Objective:** In recent years, has not only the number of positively tested athletes increased, but also the newly used substances SARM (selective androgen receptor modulator) and PPARδ (peroxisome proliferator-activated receptors) have appeared. These are enhancing drugs that are very well available and thus pose an increased risk. **Methods:** A list of athletes with a doping finding was compiled from official reports. A literature review was performed on selected SARMs and PPARδ related to the topic. Scopus, Web of Science, PubMed, Google scholar databases were used for searching. **Results:** PPARδ has been shown to be an effective drug for patients with diabetes II. type or metabolic syndrome. They have a function in increasing the oxidation of fatty acids, the transport of glucose in muscle. They also contribute to improving endurance performance. Potential side effects are mild but affect the skeletal and circulatory system. SARMs are a substitution for anabolic steroids. Their comparable effectiveness is proven. Their side effects are probably milder, but there is a noticeable effect on the change in the lipid or hormonal spectrum. Very little valid information and studies are available for SARM. **Conclusions:** A sample of professional athletes shows that doping is a topical issue in CrossFit®. SARM and PPARδ are popular with users due to their efficacy, availability, and relatively low acute side effects. Both substances carry health risks, and in many respects, their long-term adverse effects are not known. In this regard, it is important to continue educating the sports community and drawing attention to new trends in doping.

Keywords: doping, performance enhancing drugs, PPAR, SARM, strength, endurance