

# ANDROGÉNNE ANABOLICKÉ STEROIDY

## *Biological Effects of the Androgenic Anabolic Steroids*

**Ing. Tomáš Pagáč - MUDr. Ľubomír Gulán - Mgr. Žaneta Csáderová, PhD.**

### **ABSTRAKT:**

Užívanie androgénnych anabolických steroidov predstavuje vysoké riziko ohrozenia zdravia nie len športovca, ale aj rekreačných športovcov. S fenoménom steroidového dopingu v športe sa stretávame dlhé roky. Od výroby prvých syntetických steroidov v 50-tych rokoch minulého storočia sa začala nová éra športového výkonu. Alarmujúca je skutočnosť, že s užívaním anabolík sa nespájajú len vrcholoví športovci s cieľom vidiny športového úspechu, ale aj u laickej verejnosti. Užívanie a distribúcia anabolík vo fitness centrách je oblasť, ktorá na Slovensku nie je vôbec preskúmaná. Vzhľadom na to, že užívanie steroidov v rámci širšej verejnosti môžeme vnímať aj ako ohrozenie verejného zdravia, je na mieste sa začať touto problematikou zaoberať.

**Kľúčové slová:** androgénne anabolické steroidy; antidoping; zdravie

### **ABSTRACT:**

Taking androgenic anabolic steroids poses a high risk to the health of both athletes and recreational sport itself. We have been experiencing the phenomenon of steroid doping in sports for many years. Since the production of the first synthetic steroids in the 1950s, a new era of sport performance has begun. It is alarming that the use of anabolic drugs is not only the matter for the top athletes to achieve sports success, but also for the lay public. The use and distribution of the anabolics in fitness centers is an area that is not examined in Slovakia at all. Considering that the use of steroids in the general public can also be perceived as a threat to public health, it is in place to begin to address this issue.

**Key words:** androgenic anabolic steroids; anti-doping; health

## **Androgénne anabolické steroidy**

Užívanie androgénnych anabolických steroidov predstavuje vysoké riziko ohrozenia zdravia nie len športovca, ale aj rekreačných športovcov. S fenoménom steroidového dopingu v športe sa stretávame dlhé roky. Od výroby prvých syntetických steroidov v 50-tych rokoch minulého storočia sa začala nová éra športového výkonu. Alarmujúca je skutočnosť, že s užívaním anabolík sa nespájajú len vrcholoví športovci s cieľom vidiny športového úspechu, ale aj u laickej verejnosti. Užívanie a distribúcia anabolík vo fitness centrách je oblasť, ktorá na Slovensku nie je vôbec preskúmaná. Vzhľadom na to, že užívanie steroidov v rámci širšej verejnosti môžeme vnímať aj ako ohrozenie verejného zdravia, je na mieste sa začať touto problematikou zaoberať.

Skupinu androgénnych anabolických látok možno podľa platného Zoznamu zakázaných látok a metód 2018, ktorý vydáva Svetová antidopingová agentúra (WADA) rozdeliť do dvoch základných skupín:

- a) **Exogénne a endogénne anabolické androgénne steroidy (AAS) zahrňujúce** steroidné hormóny ako mužský pohlavný hormón **testosterón** a látky s podobnými účinkami ako testosterón. Tieto látky môžu byť buď vyrábané synteticky a aplikované

do organizmu z vonka (exogénne) alebo produkované prirodzene organizmom (endogénne).

**b) Iné anabolické látky**, ako napríklad beta-2 agonisty **klenbuterol** a **zilpaterol**, majú anabolický efekt na muskulatúru alebo **SARMs** (selektívne modulátory androgénnych receptorov), ktorých účinky sú podobné anabolickým androgénnym steroidom.

Jeden z prvých a najväčších prípadov odhalenia užívania anabolických steroidov v športe bol pozitívny test amerického atléta Bena Johnsona na Olympijských hrách v Soule v roku 1988. Po zabehnutí finále behu na 100 metrov bol uňho nájdený anabolický androgénny steroid **stanozolol**. Tento prípad bol celosvetovo medializovaný, a i keď sa považuje za prelomový krok v boji proti dopingu, je len jedným z mnoho príkladov zneužitia anabolík medzi profesionálnymi športovcami. Anaboliká sa používajú na podporu svalového rastu, zlepšenie sily a výkonnosti, ako aj na zrýchlenie regeneračnej schopnosti po športovom výkone. K ich zneužitiu dochádza najmä v silových športoch. Mimo súťažné dopingové kontroly sú kľúčové v snahe odhaliť zneužívanie anabolík, pretože anabolické steroidy nie sú podávané pravidelne, ale len počas určitých tréningových fáz.

## **Anaboliká spôsobujú prevrat v športových výsledkoch**

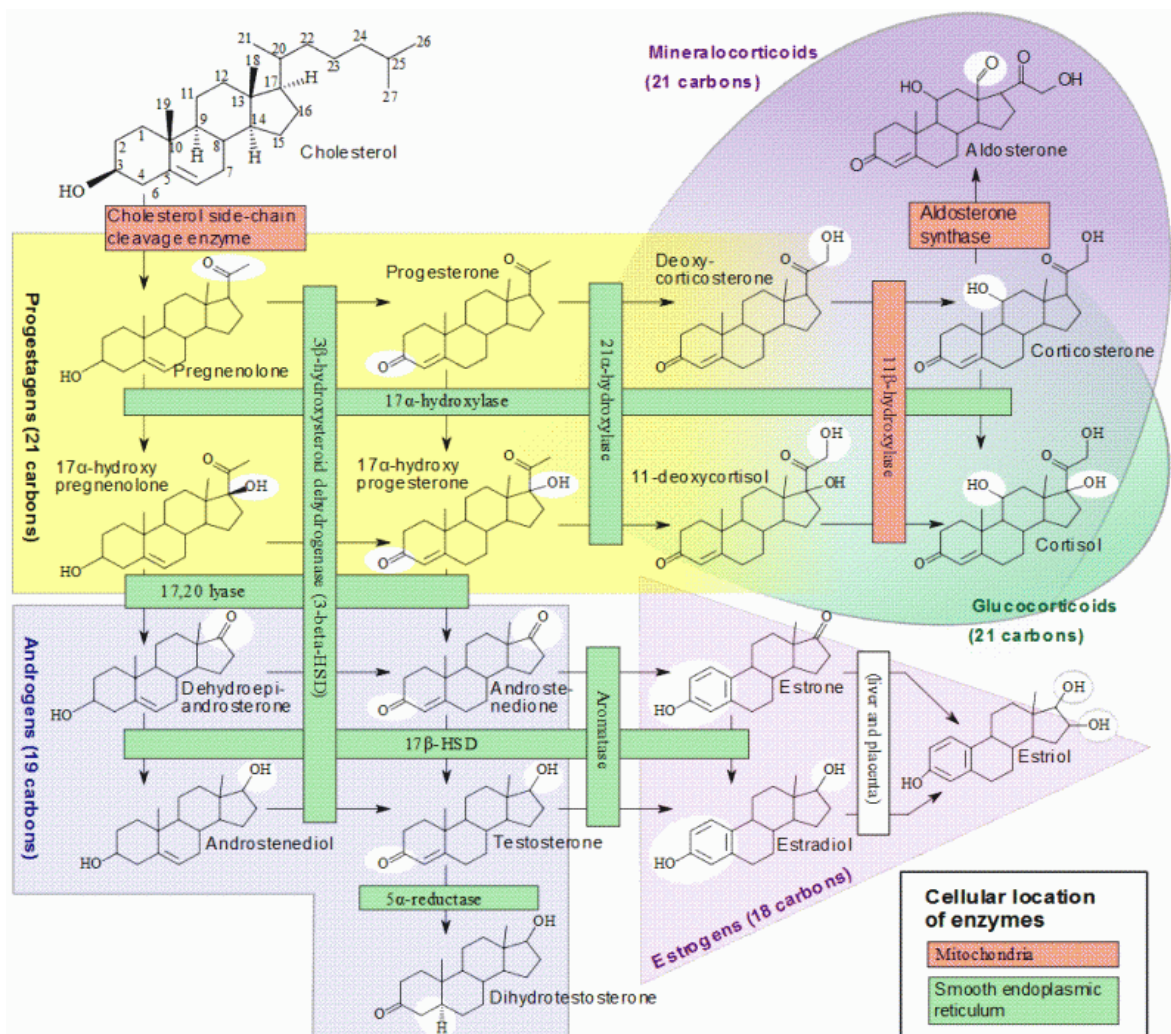
Anabolické steroidy sa začali používať v 50-tych rokoch a mali za následok enormné zlepšenie športových výkonov, predovšetkým v silových športoch. Napríklad, v priebehu desiatich rokov (1950-1960) bol mužský svetový rekord vo vrhu guľou zlepšený o 2,24 m na hodnotu 20,06 m. V nasledujúcich 30 rokoch bol rekord ešte vylepšený o ďalšie 3 metre, pričom takéto hodnoty sú pre súčasných aktívnych atlétov nedosiahnuteľné. Anabolické látky boli zaradené do Zoznamu zakázaných látok v roku 1974. Anabolické steroidy sa vyskytujú bežne v ľudskom organizme (testosterón) alebo sú vyrábané synteticky (stanozolol). V súčasnosti sú dostupné spoľahlivé analytické metódy na detekciu týchto látok. Samotná detekcia však nie je úplne bezproblémová, pretože sa vyvíjajú stále nové a nové syntetické steroidy ako aj prepracované postupy ich užívania, na čo musí Svetová antidopingová organizácia flexibilne reagovať.

## **Anaboliká patria celosvetovo medzi najčastejšie detegované látky**

Pozitívny dopingový prípad Bena Johnsona v roku 1988 nebol ani zďaleka jediný. Anabolické androgénne steroidy sú najviac sa vyskytujúce zakázané látky, ktoré sa detegujú vo všetkých dopingových analýzach. 29. júla 2006 pozitívny test amerického šprintéra Justina Gatlina, svetového šampióna za rok 2005 v behu na 100 m a 200 m vyvolal veľký rozruch, keďže v behu na 100 m vyrovnal svetový rekord v čase 9,77 sekúnd (12.5.2006). 6. augusta 2012 na Letných olympijských hrách v Londýne Bieloruska Nadzeya Ostapchuk vyhrala zlatú medailu vo vrhu guľou dosiahnutím hranice 21,36 metrov. O niekoľko dní neskôr jej bola zlatá medaila odobratá, pretože bola pozitívne testovaná na steroid metenolón.

## Biosyntéza steroidov

Základným prekursorom syntézy steroidných hormónov je cholesterol. Postupným štiepením časti vedľajšieho reťazca molekuly cholesterolu dochádza k vzniku prekursorového hormónu pregnenolónu, od ktorého sú odvodené mineralokortikoidy, glukokortikoidy a pohlavné hormóny (limitujúci krok). Následne dochádza ku konverzii na 17-hydroxypregnenolón a progesterón. Ďalšími krokmi syntézy vzniká 17-hydroxyprogesterón a ďalšie deriváty. V nadobličkách prebieha konverzia na dehydroepiandrosterón (DHEA) a androsténdión. Ďalšími produktmi sú androsténdiol, testosterón, dihydrotestosterón a estrogény (estrón, estradiol a estriol) (obr. 1).



Obr. 1 Schéma syntéza steroidných hormónov

## Spôsobu užitia

Na to, aby sa mohol testosterón využiť na liečbu rôznych hormonálnych deficiencií sa vývoj zameril hlavne na:

- chemickú modifikáciu molekuly ako takej,
- esterifikáciu na uhlíku C-17,

c) a rôznych spôsoboch podania.

V princípe majú všetky tieto snahy rovnaký cieľ - umožniť aplikáciu prirodzeného hormónu ako takého v dobre kontrolovateľnej forme.

Rôzne spôsoby podania:

- a) vo forme tabliet (orálne),
- b) injekčne,
- c) implantačne do kože (transdermálne),
- d) ako aj cez nosnú sliznicu,
- e) sliznicu oka,
- f) rektálne.

## Selektívne modulátory androgénnych receptorov (SARMs)

Selektívne modulátory androgénnych receptorov (SARMs) majú podobný účinok ako anabolické androgénne steroidy. Ich zneužitie ako dopingových látok je zakázané. Najlepšie preskúmanými SARMs sú **ostarín** (enobosarm) a **andrarín** (S-4). Tieto látky sú určené na orálne podanie. Boli vyvinuté na liečbu svalovej dystrofie, osteoporózy a benígnej prostatickej hyperplázie (nenádorové zväčšenie prostaty). V súčasnosti nebola žiadna z týchto možností oficiálne uznaná ako spôsob liečby spomínaných porúch. Napriek tomu sa prípravky s obsahom týchto látok nelegálne vyrábajú v Číne a sú ďalej distribuované do Európy a Ameriky. Afinita týchto modulátorov ku androgénnym receptorom je 10-krát vyššia ako v prípade testosterónu. Receptory s naviazanými SARMs sú blokované a testosterón sa na ne nemôže viazať. SARMs molekuly nemajú typickú steroidnú štruktúru. Dominantne pôsobia na anabolické tkanivá ako sú svaly, pričom ovplyvňujú androgénne tkanivá (prostata) v oveľa menšej miere. Svetová antidopingová organizácia (WADA) zaradila SARMs do Zoznamu zakázaných látok 1. januára 2008 s možnosťou ich detekcie v analytickej vzorke športovca. Dopingové prípady, v ktorých boli športovci pozitívne testovaní na tieto látky patrí cyklista Nikita Novikov, jamajský skokan do výšky Damar Robinson a americký wretler Obenson Blanc. Novikov (narodený 1989), bol pozitívne testovaný na látku **ostarín** počas mimo súťažnej dopingovej kontroly v máji 2013 a bol mu udelený dvojročný zákaz činnosti. Robinson (1994) bol pozitívne testovaný na **andrarín** na juniorskom šampionáte v júni 2013 a bol potrestaný ročným zákazom. Blanc (1985) bol pozitívne testovaný na **ostarín** na americkom tímovom šampionáte v júni 2013 a bol mu udelený dvojročný zákaz činnosti.

## Dominantné športy

Keďže hlavným účinkom užívania anabolík je nárast svalovej hmoty, dominantne sa zneužívajú v športoch, v ktorých je rozhodujúca sila a svalová hmota. Znižujú aj zotavovací čas, čo predstavuje riziko, že ich budú používať aj športovci vo vytrvalostných disciplínach ako prostriedok na pomoc pri ťažkých a náročných tréningoch. Na rozdiel od silových športov užívajú anaboliká len v nízkych dávkach, pretože nadmerný nárast svalovej hmoty by negatívne ovplyvnil ich športový výkon. Zneužívanie anabolík je v súčasnosti veľkým problémom najmä v oblasti kulturistiky a fitness. Táto športová scéna je málo regulovaná, a len málo dopingových kontrol sa jej aj reálne venuje. Väčšina krajín nemá vypracovanú legislatívu proti takémuto

zneužívaniu. Podľa vedeckých štúdií sa predpokladá, že 5% adolescentov v USA užíva steroidy, pričom podobný trend možno očakávať aj v európskych krajinách.

## Všeobecné vedľajšie účinky

Okrem toho, že užívanie anabolík má vplyv na výkon športovca, ich nevýhodou je, že ich užívanie so sebou prináša aj mnohé negatíva (tab. 1), pričom niektoré z nich sú život ohrozujúce. Môžu vyvolať fyzikálne zmeny, pri ktorých už niet cesty späť. Ovpľyňujú hlavne kardiovaskulárny systém a pečeň, zmeny v metabolizme tukov ako aj zadržiavanie vody v tkanivách. Užívanie anabolík ovplyvňuje aj psychickú stránku športovca. Zmeny nálad môžu pôsobiť v kladnom zmysle, napríklad zvýšená motivácia a eufória, ale aj negatívne, napríklad podráždenosť, emočná nestabilita a sklony k násiliu. Všetky tieto psychologické vedľajšie účinky môžu u športovca užívajúceho anaboliká spôsobiť problémy v súkromnom živote.

**Tab. 1** Prehľad vedľajších účinkov užívania anabolických steroidov

Fyzické vedľajšie účinky	Psychické vedľajšie účinky
<ul style="list-style-type: none"><li>• arterioskleróza</li><li>• pečeň</li><li>• nárast hmotnosti</li><li>• suma účinkov</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• depresia</li><li>• agresivita</li><li>• sexuálny pud</li><li>• erektilná dysfunkcia</li><li>• závislosť</li></ul>

## Špecifické vedľajšie účinky

Anaboliká narúšajú prirodzenú hladinu vlastných pohlavných hormónov, čoho výsledkom sú pohlavne špecifické vedľajšie účinky.

U mužov užívajúcich anaboliká môže dôjsť k zmenšeniu semenníkov a následnému zníženiu produkcie spermií. Sexuálna citlivosť, ako aj erektilné funkcie môžu byť znížené. Užívanie anabolík môže viesť aj k neplodnosti. Užívanie anabolík vedie zvyčajne k akné. Môže dochádzať aj k tzv. feminizácii tela, pretože nadbytočný testosterón je metabolizovaný na ženský pohlavný hormón estrogén, čo vedie napríklad ku gynekomastii (zväčšenie prsných žliaz u mužov).

U žien vedie užívanie anabolických látok k maskulinizácii. Symptómy maskulinizácie sa označujú aj ako virilizácia a zahŕňajú mužský vzhľad postavy, mužské črty tváre, akné, rast ochlpenia na tvári, zhrubnutie hlasu ako dôsledok zväčšenia hlasiviek, poruchy menštruačného cyklu a zväčšenie klitoris (ireverzibilne). Môže dôjsť aj k zmenšeniu prsníkov, pretože je narušené rozloženie tukového tkaniva, a takisto je zvýšené riziko rakoviny prsníka. Cysty a patologický rast tkaniva maternice sú ďalšími vedľajšími účinkami.

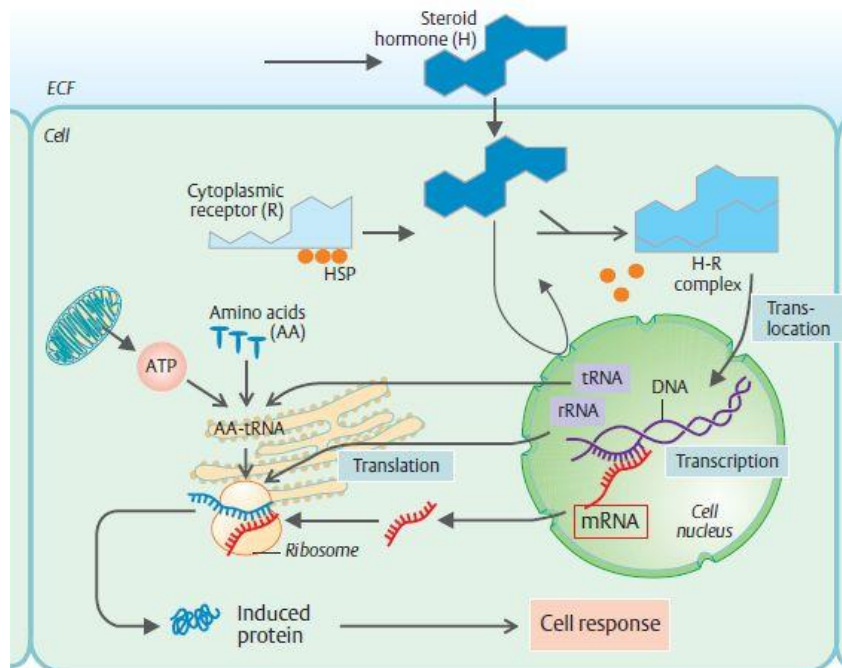
## Negatívna regulácia

Užívanie anabolík inhibuje produkciu testosterónu v tele, čo označujeme ako negatívna regulácia, ktorá sa generuje v rámci hypotalamo-hypofýzového systému. Uvoľnením tzv.

uvoľňujúcich hormónov z hypotalamu dochádza k indukcii produkcie špecifických peptidových hormónov v hypofýze. Keď sú tieto molekuly zachytené ich špecifickými receptormi v cieľovom orgáne, napríklad pohlavné orgány, dokážu stimulovať tvorbu pohlavných hormónov. Pomocou cirkulácie krvi sa tieto molekuly vrátia späť do hypotalamu a hypofýzy, kde ich zvýšená koncentrácia inhibuje produkciu a uvoľnenie ďalších uvoľňujúcich hormónov.

## Rôzne mechanizmy účinku steroidných a peptidových hormónov

Hormóny sú schopné účinkovať na cieľové bunky z vonkajšieho alebo vnútorného prostredia bunky (obr. 2). Receptory, na ktoré sa viažu, môžu byť lokalizované buď na povrchu bunky - na bunkovej membráne, alebo v intracelulárnom priestore. Steroidné hormóny ako testosterón sú lipofilné, dokážu penetrovať cez lipidové membrány a viazať sa na vhodný receptor vo vnútri bunky. Na druhej strane peptidové hormóny ako hGH (ľudský rastový hormón) alebo EPO (erythropoetín) nevstupujú do bunky, ale viažu sa na receptory lokalizované na bunkových membránach. Ich účinky sú potom následne spustené sledom viacerých reakcií.



Obr. 2 Mechanizmus účinku steroidných hormónov

Užívanie anabolických steroidov predstavuje riziko ohrozenia zdravia nie len u vrcholových športovcov, ale aj u bežnej populácii venujúcej sa rekreačným športom, predovšetkým vo fitnesscentrách. Antidopingová agentúra SR monitoruje užívanie androgénnych anabolických steroidov na Slovensku dominantne v kulturistike.

### Použitá literatúra:

1. Thieme, Detlef, and Peter Hemmersbach, eds. *Doping in sports*. Vol. 195. Springer Science & Business Media, 2009.
2. Yesalis, C. E. (2000). *Anabolic steroids in sport and exercise* (No. Ed. 2). Human Kinetics Publishers.

3. McBride, A., & Williamson, K. (1993). Anabolic steroids in sport. *BMJ: British Medical Journal*, 307(6897), 204.
4. Sjöqvist, F., Garle, M., & Rane, A. (2008). Use of doping agents, particularly anabolic steroids, in sports and society. *The Lancet*, 371(9627), 1872-1882.

**Ing. Tomáš Pagáč**

Antidopingová agentúra Slovenskej republiky

Hanulova 5, 841 01 Bratislava

*tomas.pagac@antidoping.sk*