

# PUCSOK JÓZSEF

## Teljesítményfokozás, dopping és sport



*Pucsek József  
kutatóorvos  
az MTA doktora*

1935-ben született Tiszacsegén. A Budapesti Orvostudományi Egyetemen 1960-ban szerzett általános orvosi oklevelet. 1974-től az orvostudomány kandidátusa, 2001-től akadémiai doktora lett.

Pályáját a BOTE Kóréletlani Intézetében kezdte, majd a SOTE Kóréletlani Intézetében folytatta. 1978-tól az Országos Sportegészségügyi Intézetben dolgozik, ahol jelenleg helyettes főigazgató főorvos, valamint tudományos igazgató és a tudományos kutatóosztály vezetője. 1982-től címzetes egyetemi tanár; hetven tudományos közlemény, tíz könyv, illetve könyvrészlet szerzője.

Számos tudományos testület munkájában vesz részt: alelnöke a Magyar Sporttudományi Társaságnak, továbbá tagja az alábbi tudományos szervezeteknek: MTA I. Doktori Bizottsága, Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Regionális Bizottság, Magyar Sportorvos Társaság, Magyar Élettani Társaság, Magyar Rehabilitációs Társaság, Magyar Táplálkozástudományi Társaság és Nemzetközi Zsiradéktudományi Társaság.

Főbb kutatási területe: zsíryanycsere, érlelmeszesedés, foglalkozás-élettan és -kórta, teljesítmény-élettan és -kórta, szabadgyök kutatás.

Az embereket mindig is izgatta a teljesítményfokozás lehetősége az ókori olimpiáktól napjainkig. Az előadás bemutatja, hogy a gyógyszeripar által előállított kémiai anyagok, gyógyszerek hogyan használhatók doppinganyagként teljesítményfokozás céljára, és milyen fizikai és egyéb módszereket fejlesztettek ki a sportolók a doppingolás elfedésére. Részletesen megismerkedhetünk a hormonális teljesítményfokozó szerek jelentőségével és alkalmazásával különböző sportágakban, illetve a legújabb, sokat emlegetett tiltott módszerrel: a géndoppinggal.

## Bevezetés

A sportban – akárcsak az emberi tevékenység egyéb területein – a győzelem, a siker, a legjobb eredmény elérése a sportoló felkészülésének fő hajtóereje. Az elért eredmény fokozott társadalmi megbecsülést, dicsőséget, anyagi jólétet, az egyén egzisztenciájának megalapozását jelenti. A tiltott doppingszerek alkalmazása évtizedek óta világszerte elterjedt, de azt is mondhatjuk, hogy a doppingolás egyidős az emberiséggel.



Ókori görög olimpia

A 20. század rohamos ipari – különösen gyógyszeripari – és orvostudományi fejlődése újabb kémiai anyagokat, gyógyszereket adott a gyógyászat számára, amelyeket a sportolók és a sportvezetők a felkészítés, esetleg a verseny idején alkalmaznak, és amelyektől csodát várnak.

Az 1960-as években elsőként a Nemzetközi Olimpiai Bizottság (NOB) hirdetett harcot a kábítószeres és a sportban alkalmazott gyógyszerek elterjedése ellen, amelynek eredményeként már 1968-ban, a mexikói nyári olimpiai játékokon doppingellenőrzést tartottak. 1976-ban a montreali olimpián már megjelent a NOB tiltott szereket tartalmazó listája. A dopping elleni küzdelem tehát lassan már fél évszázada napirenden van.

A szedők és az ellenőrök közötti rabló-pandúr harc napjainkban is folyik. A tudomány és az analitika legmodernebb eszközeit rendkívül jól felszerelt, nemzetközileg akkreditált laboratóriumokban alkalmazzák a doppinganyagok és bomlástermékeik kimutatására. A doppingvizsgálatok ára az analitikai módszerek és a reagensek drágulásával együtt változik, és jelentős anyagi ráfordítást igényel – többek között a NOB-tól és a WADA-tól (World Anti-Doping Agency).

A 21. század a genetika százada. Az emberi géntérkép megalkotása és a genomika tudománya lehetőséget adhat génmanipulációs, génkezeléses teljesítményfokozásra. Az emberi genomba való beavatkozás tehát a betegségek gyógyításának lehetősége mellett felhasználható doppingcélú teljesítményfokozásra is.

## A teljesítményfokozás és a dopping fogalma és története az ókori olimpiáktól napjainkig

### A dopping fogalma és a szó eredete



Ókori görög ökölvívó hellenisztikus bronzszobra

A teljesítményfokozás tartalmának vizsgálatakor felmerül az első kérdés: mit értünk magán a doppingon vagy doppingoláson? A szó eredete a Dél-Afrika délkeleti partján élő khosza törzs nyelvjárásából származik. A törzs tagjai a rituális és vallásos szertartások közben alkoholtartalmú borpárlatot ittak, melynek *dop* volt a neve. Később a brit gyarmatosítók átvették ezt a szót, és általánosan használták a szeszes ital megnevezésére. A *Magyar értelmező szótár* szerint doppingolni annyit jelent, mint „versenyző lónak vagy sportolónak izgatószerekkel a verseny előtt – ritkábban verseny közben – küzdőképességét fokozni, vagyis nagyobb teljesítményre buzdítani”. Az *Idegen szavak szótára* szerint a dopping szó angol eredetű, jelentése: „sportolók, versenylovak képességének fokozása rövid időre, ajzószeresek segítségével.” Már maga az ajzószer szó is azt sugallja, hogy a sporttól idegen, elítélendő cselekményről van szó.

Természetesen a dopping definíciója az évek során nagymértékben változott. Az olimpiai mozgalom Antidopping Kódexe szerint a dopping



A dopping szó a dél-afrikai khosza törzs nyelvjárásából származik

„a sportoló egészségére potenciálisan káros és/vagy teljesítményének növelését elősegítő, a sportoló szervezetében kimutatható, bizonyítottan alkalmazott eszköz (módszer vagy anyag)”.

A sportolók körében a doppingolásnak becenevet is adtak. A legerterjedtebb a „kokszozni” ige, melyet többféleképpen is érthetünk: a kokszt egyrészt lehet energiaadó fűtőanyag, másrészt utalhat a kokainra is, ami például az amerikai profi sportban rendkívül elterjedt, a kábítószeres csoportjába tartozó doppingoszer. Mivel a doppingolás, kokszozás a sportoló számára tilos, az alkalmazott gyógyszerek egy része pedig – például a központi idegrendszeri izgatók vagy a kábítószeresek – közös a drogfogyasztók szereivel, bizonyos értelemben a drog és a doppingoszer fogalma valóban összekapcsolódik.

## Az ókori olimpiák teljesítményfokozó anyagai

A sportban a kémiai anyagok használata a győzelem megszerzése érdekében nem új keletű. A görög atléták győzelmi esélyeik növelésére már az i. e. 3. században is növényi kivonatokat és gombát fogyasztottak. Az ókori olimpiai játékokon az arénákban küzdő sportolók izomerejét fehérjebevitellel fokozták. A feljegyzések szerint az i. e. 6. században a legerősebb görög atléta, a krotóni Milón, akit a birkózás bajnokaként ünnepeltek, fehérjeigényét nagy mennyiségű borjúhús elfogyasztásával biztosította. A mondák szerint saját szarvasmarha-tenyésztete volt, és naponta 9–15 kilogramm borjúhúst is elfogyasztott. Az 548 méter hosszú olimpiai stadionban egy négyéves üszőt valóban vitt végig, győzelme után pedig saját életnagyságú bronzszobrát hordozta körbe, hogy a győztesek részére kijelölt téren elhelyezze. Egyik kedvenc trükkje volt, hogy gyümölcsöt tartott a kezében, és megpróbálta rábírní társait, hogy vegyék el tőle. A feladat nagyon egyszerűnek tűnt, ám Milón furfangos taktikái miatt egyáltalán nem volt könnyű végrehajtani. Az egészben maradó és sértetlen gyümölcs látványa tovább pukkasztotta a gyakran amúgy is vesztesre álló ellenfelet. A sikertörténet azonban tragikus véget ért: a hírneves bajnok valami békés elfoglaltságot keresván éppen az erdőben sé-



Az i. e. 6. század legerősebb görög atlétája, a krotóni Milón





tálgatott, ahol is rábukkant egy öreg facsonkra, amelyben minden valószínűség szerint vadméhek tartózkodtak. Nem tudta megállni, hogy ne fitogtassa rendkívüli erejét, ezért elhatározta, hogy elmozdítja a fatörzset, és bekebelezi a benne található különleges csemegét. A tuskó azonban darabokra tört, és a kiáramló vadméhek a bajnok egyik trükkjét sem tudták értékelni.

## A 19. század és a 20. század első felének klasszikus doppinganyagai



*Az első regisztrált dopping okozta haláleset: Arthur Linton, 1896*

A 19. század sportolói alkoholt, koffeint, nitroglicerint és ópiumot alkalmaztak. A teljesítményfokozás eszközeivé itt már a gyógyszerek válnak, amelyek súlyos szövődményeket okozhatnak. Az első regisztrált tragikus eset a Bordeaux–Párizs kerékpárversenyen történt, ahol Arthur Linton sztrichnintúladagolás miatt életét veszítette.

A 20. század technikai robbanása, az orvostudomány és a gyógyszeripar fejlődése nyomán olyan anyagok jelentek meg a gyógyászatban, amelyek a központi idegrendszer, a szív és vérkeringés vagy a hormonális rendszer működésén keresztül befolyásolják az izomtevékenységet és a teljesítményt. A 20. század első felének klasszikus doppinganyagai a központi idegrendszeri izgatószer (például az amfetamin és származékai), a fájdalomcsillapítók és nyugtatók (kodein és származékai) és a narkotikus kábítószerek (morfin és származékai) voltak.

A sportoló számos előnyt vár a doppinganyagok alkalmazásától, nem biztos azonban, hogy fel tudja mérni a hátrányukat. A Nemzetközi Antidoping Ügynökség (WADA) összeállított – és folyamatosan frissít – egy listát azokról a vegyülettípusokról, amelyek teljesítményfokozó hatásuk mellett károsan hatnak az egészségre. Ennek első csoportját alkotják a tiltott szerek.

A doppinganyagok várható előnyei:

- › a fizikai erő növekedése;
- › a fáradtság kezdetének kitolódása;
- › a munkavégző képesség fokozódása;
- › kedvezőbb pszichés körülmények;
- › anyagi javak.



A 20. századi olimpiák első megdöbbentő eseménye az 1960-as római olimpiai játékokon történt. A huszonhárom éves dán kerékpáros Knud Jensen a 63 mérföldes versenyen hat mérfölddel a cél előtt összeesett és meghalt. Később kiderült, hogy halálát nem a nagy meleg és a kimerültség okozta, hanem az edzőjétől kapott nagy adag amfetamin.

A szomorú esemény ellenére az 1960-as évektől elindult az amfetamin-korszak. 10–30 milligramm amfetamin bevétele csökkenti a szellemi fáradtságot, kellemes közérzetet, vidám hangulatot, bőbeszédűséget okoz. A tanulást megkönnyíti, bár a tanultak gyorsan elfelejtődnek. A megfigyelést és az ítélőképességet a lecsengő vagy kiürülési fázisban rontja, ami egyes sportágakban nem előnyös. A kerékpárosok, labdarúgók, futók és úszók kedvelik, de súlycsoportos sportágakban az étvágy csökkentése miatt fogyasztószerként is alkalmazzák. Mellékhatásai súlyosak: álmatlanság, alvászavar, szapora szívműködés, növekvő oxigénigény. A lassú ürülése miatt a szedés után kialakulhat egy negatív fázis, mely a teljesítmény romlásához vezet. Nagyobb adag esetén szív- és érrendszeri tünetek, tudatzavar, ritmuszavar, esetleg úgynevezett amfetamin okozta elmezavar is kifejlődhet.

A kábítószerek használata a hozzászokás veszélye miatt az amatőr sportban nem terjedt el. Ugyanakkor a profi sportban – különösen a kokain- és morfinszármazékoknak az életet is veszélyeztető szövődményei miatt – több sportoló karrierjét kettétörte.

## A hormonális teljesítményfokozó gyógyszerek megjelenése és alkalmazása a sport különböző területein

Az erő a legtöbb sportágban lényeges. Élettanilag az izom feszülésre való képességével jellemezhetjük, mely arányos az izom átmérőjével, nevezetesen az izom tömegével. Az izomerő az izom rendszeres terhelésével fokozható. Az edzőmunka során az alkalmazott gyakorlatok az izomsejtek megnagyobbodását, úgynevezett hipertrofiáját okozzák. A rendszeres terhelés eredményeként létrejövő izomtömeg gyakorlással fenntartható. Az edzés abbahagyásával azonban az erő fokozatosan csökken, mindaddig, míg el nem éri az eredeti értéket.

Az izomerő edzéssel való fokozhatósága az élet folyamán jellegzetesen alakul – a két nemnél eltérő módon. Férfiaknál pubertás előtt viszonylag kicsi az izomerő, és jelentősen terheléssel sem fokozható. Pubertás után az izomerő megnő, és terheléssel való fokozhatósága is jelentős. Nőknél e jelenség sokkal kisebb mértékű. Az izomnövekedés a hosszú növekedés befejezéséig a legnagyobb, majd negyvenéves kortól fokozatosan csökken.

Az izomerő növekedése és fokozhatósága a hím nemi hormon, a tesztoszteron elválasztásának megindulásával magyarázható. A tesztoszteronnal, illetve szintetikus származékaival végzett állatkísérletek és klinikai megfi-



*Egyes sportolók kiugró eredményét teljesítményt fokozó szerbiztosította*



*Az izomerő az izom rendszeres terhelésével fokozható*

gyelések ezt a hatást igazolták. Bizonyították, hogy a fehérjebeépítő szteroidhormonok hatására fokozódik a genitális és extragenitális szövetekben a fehérjeképződés. A szervezetben pozitív nitrogénegyensúly jön létre, és a vizelettel kiválasztott nitrogén-foszfát mennyisége csökken, a nitrogén-visszatartás eléri a maximumát. A szteroidkezelés elhagyása után a nitrogénegyensúly normalizálódik vagy gyakran negatívvá válik.

A szteroidok hatása kettős: megkülönböztetünk androgén és anabolikus hatást, melyekre különböző élettani változások jellemzők. Az androgén hatás többek között a nemi mirigyek és szervek változásában, haj- és szőrzetnövekedésben, beszédhangmélyülésben, a hang tónusának változásában, a bőr verejtékmirigyek fokozott működésében, illetve a libidó és a szexuális érdeklődés növekedésében nyilvánul meg. Az anabolikus hatásra jellemző, hogy növekszik a test izomtömege, emelkedik a vér hemoglobinkoncentrációja és a vörösvértestek mennyisége, csökken a testzsírarány, változik a testzsíreloszlás, fokozódik a kalciumbeépülés a csontokba, illetve a nitrogén és számos ion visszatartása.

| androgén hatás                           | anabolikus hatás                         |
|--|--|
| haj és szőrzet növekedése                | nő a test izomtömege                     |
| nemi mirigyek és szervek változása       | emelkedik a vér hemoglobinkoncentrációja |
| beszédhang mélyülése                     | csökken a testzsír                       |
| hang tónusának változása                 | fokozódik a kalciumbeépülés a csontokba  |
| bőr verejtékmirigyek funkciója fokozódik | csökken a nitrogénkiválasztás            |

A táblázatban jelzett két hatás együttesen érvényesül. Optimális anabolikus hatás csak megfelelő mennyiségű táplálékkal, elsősorban fehérjebevitellel érhető el. Ilyen esetben a napi fehérjeigény elérheti a 2–2,5 g/testsúly kg/nap mennyiséget.

A tesztoszteron az úgynevezett referenciaszteroid. Az anabolikus – izomzatra kifejtett – és az androgén hatás arányát 1-nek veszik, és a szintetikus készítmények hatását ehhez viszonyítják.

A szintetikus anabolikus hormonok az 1930-as évek közepén váltak ismertté. Kémiailag a tesztoszteronhoz hasonló szteroidok, amelyek androgén anabolikus hatással rendelkeznek. Miogén (izomeredetű) hatásuk erősebb a tesztoszteronénál. A szteroidreceptorokhoz erősebben kötődnek, s emiatt a tesztoszteront leszorítják a receptorról. Az aktív választ a receptor-hormon-komplex képződése indítja meg, amely fokozza a sejtmagban az RNS szintézisének sebességét, illetve különböző génszakaszok átírását. Speciális enzimtevékenység közreműködésével a hatás fokozott fehérjeszintézisben jelentkezik. A forgalomban lévő anabolikus szteroidok miogén effektusa tehát lényegesen erősebb a tesztoszteronénál. Az izomra gyakorolt hatás annál erősebb, minél jobban kötődik a szteroid a receptorhoz, és minél nagyobb adagban alkalmazzák.

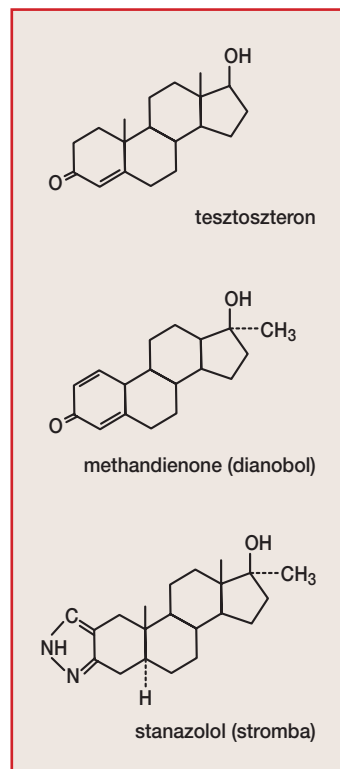
A második világháború végéig e szintetikus hormonokat csak szűk orvosi körben ismerték. A pozitív nitrogénegyensúly kialakítása miatt ezek az anyagok a sérült szöveteket is helyrehozták, ezért koncentrációs táborok foglyainak kezelésénél is alkalmazták. Egy amerikai orvos, aki egyébként amatőr súlyemelő volt, saját magán végzett vizsgálatokkal bizonyította e szerek előnyös hatását, az izomtömeg és izomerő fokozódását. Miután tapasztalatait súlyemelő magazinokban közölte, az 1950-es évek végétől világszerte elkezdődött az anabolikus szteroidőrület.

Az 1950-es évektől elsősorban a testépítés és a nehéztatlétika területén terjedt el e hormonkészítmények használata. Al Feurbach amerikai súlylökő az egyik divatos készítményről, a dianabolról így nyilatkozott: „Dianabol, dianabol, ez vezet a sikerhez, dianabollal mindenkit legyőzöl, hacsak a többiek is nem használják.”

Az anabolikus androgén szteroidok használata tablettás, szájon át szedhető és injekciós készítmények formájában terjedt el. A szájon át szedhető, úgynevezett orális készítmények gyorsan felszívódnak, míg az injekciós változatok elhúzódó hatásúak, felszívódásuk lassú, úgynevezett retard készítmények. Eleinte olyan sportágakban használták, mint a súlyemelés, a gerelyhajítás, a súlylökés, a diszkosz- és kalapácsvetés, később az úszók, futók, kerékpárosok és tornászok között is elterjedt. Legnagyobb fogyasztói a testépítők (body builderek) voltak. A tapasztalatok alapján létrejött a bűvös hármasság: megfelelő mennyiségű hormon + fehérje + optimális edzésprogram = maximális teljesítmény.

A NOB felismerte, hogy a sportolók felnyitották Pandora szelencéjét, és az 1968-as mexikói olimpián törvényt fogadtak el a gyógyszerek ellenőrzéséről. 1972-ben a müncheni olimpián már kétezer vizeletminta vizsgálatára került sor, és hét pozitív esetet találtak, elsősorban központi idegrendszeri stimulánsokat. 1975-ben a NOB kibocsátotta első tiltó doppinglistáját, és 1976-ban a montreali olimpián az anabolikus androgén hormonok is tiltólistára kerültek.

Mindazonáltal a sportolók az 1970-es évektől napjainkig is használják e készítményeket. A doppinghelyzet olyan kalandregényhez hasonlít, amely-



A szteránvázis vegyületek szerkezete

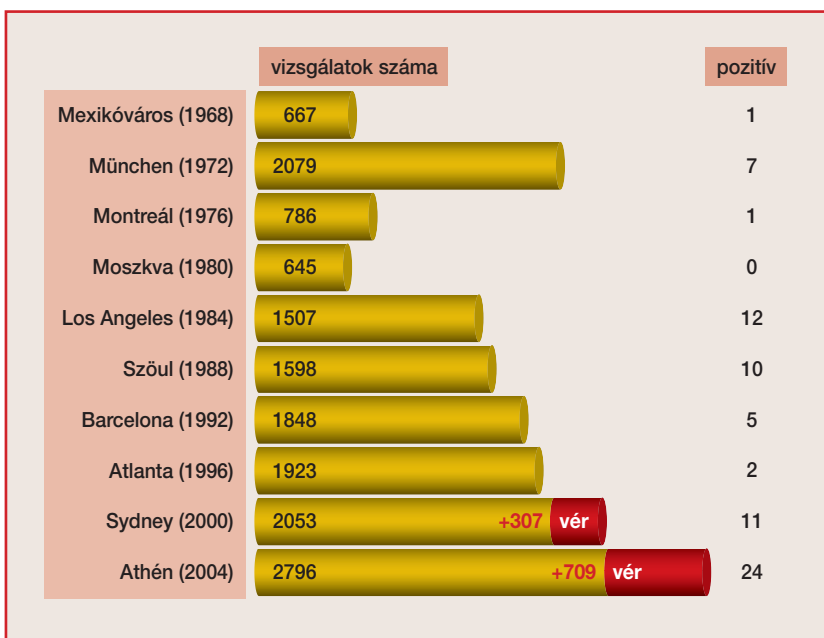


Hormonkészítményt használó súlyemelő világ- és Európa-bajnok





*Doppingvizsgálat  
az újkori olimpiákon*



*Doppingkontroll az 1970-es  
években*

ben a szereket használó sportolók megpróbálják kijátszani azokat a legmodernebb technológiai módszereket, amelyeket a laboratóriumok ez ellenőrzések során alkalmaznak.

Egyértelművé vált, hogy a klasszikus doppingszerek között a központi idegrendszeri izgatók használata is káros, és az eredményeket ezek is meghamisítják, de a szó eredeti értelmében nem teljesítményfokozók, hanem a fáradás és a fájdalomküszöb kitolásával késleltetik a teljesítményromlást. Az igazi teljesítményfokozók a hormonális androgén anabolikus készítmények: ezeknek a szedése esetén a megfelelő edzőmunka és az optimális táplálkozás mellett elsősorban az alkalmazott doppinganyag hatása jelenik meg az eredményekben.

A NOB, a WADA és a magyar kormány rendelete alapján az anabolikus hormonok a meg nem engedett teljesítményfokozó szerek csoportjába tartoznak. Használatuk szabályozva van. Nagy biológiai aktivitású vegyületek, amelyeknek rendkívül káros mellékhatásai vannak. A hatás és mellékhatás megítélésénél figyelembe kell venni a felhasználó nemét és korát, a kezelés időtartamát, az alkalmazott készítmény mennyiségét és minőségét. Valamennyi anabolikus hormonra jellemző, hogy az alkalmazott mennyiségtől függően férfiasítanak (virilizálnak), és csökkentik az agyalapi mirigy életfontosságú hormonjainak elválasztását. A férfiasítás hatása különösen markánsan jelenik meg a női sportolókon: a szedés hatására férfias izomzat, hangmélyülés, szőrzetnövekedés az állon és az arcon, kopaszodás, a mellékzsugorodása, a menstruáció felborulása vagy megszűnése, a méh sorvadása jelentkezhet. A hatás növekedésben lévő, fiatal gyermekeknél – például tornászoknál – különösen káros, ugyanis a hosszúnövekedésért felelős csövescsontok végein lévő porcanyag elcsontosodik, lezáródik, leáll a hosszúnövekedés és alacsony termetű, rövidebb végtagokkal rendelkező, erős izomzatú egyedek alakulnak ki. A női tornasportban nem véletlenül élveznek elsőséget a tizenévesek.

Az általános mellékhatások – különösen a tablettás készítmények szedé-



*Teljesítményfokozó tablettát szedő  
gátfutónő, 1970-es évek*



sénél – májkárosodáshoz, a cukor- és zsírsanyagcsere zavaraihoz, cukorbetegség kialakulásához, korai érlemeszesedéshez, a szív és az agyi erek károsodásához vezetnek. Újabban a májeltérülések között jó- és rosszindulatú daganatok, májban kialakuló sárgaság, májszövet-károsodás előfordulását is tapasztalták. Nincs olyan része a szervezetnek, mely a hormonok szedésétől ne károsodna. Férfiaknál a tesztoszteron-elválasztás gátlása miatt csökken a szexuális érdeklődés, az ondóban megjelenő sperma mennyisége, a here sorvadásnak indul és korán kialakul a totális nemzőképtelenség, az impotencia. Jelentősek a pszichológiai, idegrendszeri változások, amelyek agresszivitásban, hangulatváltozásban, depresszióban és egyéb pszichotikus jelenségekben mutatkoznak. A fizikai és pszichikai összeomlás természetesen a hormonok szedésének időben történő abbahagyása esetén elkerülhető. Hosszabb ideig tartó szedés esetén azonban az egyre súlyosbodó szövödmények a szervezet pusztulását okozzák.

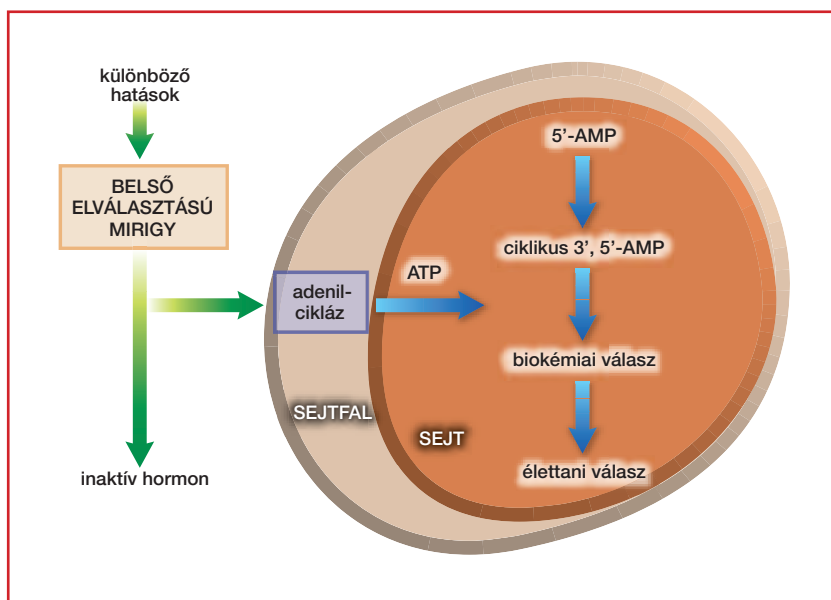


Az 1976. évi olimpia abszolút tizenéves aranyérmese Nadia Comaneci, román tornász-bajnoknő

## A fehérjeszerkezetű anabolikus hormonok

A fehérjeszerkezetű (peptid) hormonok hatásukat a lenti ábrán látható sejtmembránban elhelyezkedő adenil-cikláz enzimen keresztül fejtik ki. A belső elválasztású mirigyeket érő különböző ingerek fokozhatják az elsődleges hírvivőnek is nevezhető hormonok mennyiségét, amely aktiválja a sejtben levő másodlagos hírvivő molekulát (cAMP). Erre a sejt különféle élettani válaszokkal reagál: például szteroidot vagy pajzsmirigyhormont termel.

A *növekedési hormon* az agyalapi mirigy által termelt, jellegzetes napi ritmussal rendelkezik. Maximális elválasztása a mélyalvás időszakára esik. Napközi epizodikus termelődését a napi tevékenység – például evés, edzés,



Fehérjehormonok hatásmechanizmusai



verseny, nappali alvás – befolyásolja. A sportban évek óta használják, mesterséges változata szomatropin néven ismert.

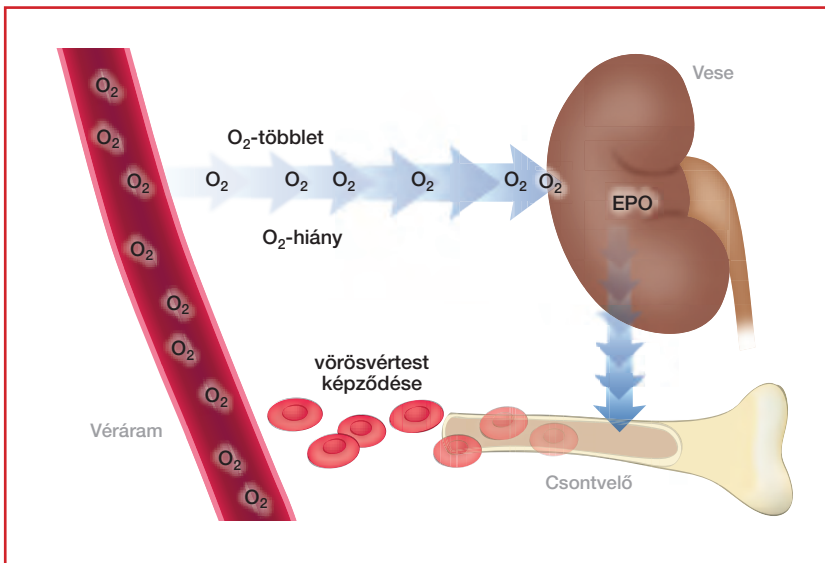
A növekedési hormon emberen anabolikus hatású, fokozza az aminosavak sejten belüli transzportját és nitrogén-visszatartást okoz. Növeli a messenger RNS szintézisét, ezáltal fokozza a fehérje termelődését az izomban, a májban, a csontban és a porcszövetben. Segíti a zsírok kioldódását a zsírsejtekből (lipolízis), amelynek eredménye a vér szabadzsírsav-tartalmának emelkedése – a szabadzsírsavat egyes szervek energiaforrásként használják fel. Az inzulinnal ellentétes hatású, adagolása révén egészséges emberben cukorbetegség keletkezik. Növeli a glukóz kiáramlását a májból és csökkenti a vérben az inzulin hatását. Jelentősen hat a hosszúnövekedésre, amely kötőszöveti, a kollagénszintézist serkentő hatásával magyarázható. Szabályozza a növekedési faktorok, például az inzulinszerű növekedési faktor, az IGF-1 elválasztását. Ellenőrzését bonyolítja az alkalmazott analitikai módszerek bizonytalansága a külső mesterséges és a belső valóságos hormon elkülönítésében. Emiatt a sportolók széles körben használják. Rendszeres használata cukorbetegséget és növekedési zavarokat okozhat.

A *humán Chorio Gonadotropin* (hCG) a terhes nők méhlepénye, a placenta által termelt hormon. Serkenti a here spermatermelését. Anabolikus hatása elsősorban a tesztoszteron és az agyalapi mirigy által termelt hormonokon keresztül érvényesül. Az anabolikus szteroidok hatásaként kialakult belső hormontermelés hiányosságait a hCG adása kitűnően helyreállítja. A *lutenizáló hormon* (LH) ugyancsak a here sejtjeit és ezáltal a tesztoszteron-elválasztáshoz szükséges enzimek aktivitását fokozza.

A fehérje típusú hormonok közül napjainkban a legelterjedtebb tiltott dopinganyag az *eritropoietin* (EPO). Emberben a vesében termelődő vérképző hormon, a vesén kívül kisebb mennyiségben a máj is előállítja. Elválasztásának élettani ingere a csökkent oxigénellátás, a hipoxia. A májban és a vesében az

A növekedési hormon  
mellékhatása





Az eritropoietin hatásmechanizmusa

oxigénnyomást érzékelő receptorokat írtak le, amelyek az EPO-termelésben közreműködnek. Az EPO a csontvelő őssejtjeire hat és elindítja a vörösvértestek érését, melynek következményeként a keringő vérben megemelkedik a vörösvértestek száma. A magaslati oxigénnyomás-csökkenés (hipoxia) vérképző hatása a vese által elválasztott EPO termelésének növekedésével magyarázható. 1983-ban a májsejtekben a hetedik kromoszóma hosszú karján izolálták az EPO gént, melyet 1985-ben rekombinációs technikával mesterségesen előállítottak, és a gyógyászatban humán rekombinációs eritropoietinként vált ismertté (rHuEPO). Klinikai alkalmazása széles körű, a vérszegénységgel járó kóros folyamatokban hatása életmentő. Ilyen a veseelégtelenség utolsó stádiuma, amikor mindkét vese működése megszűnik, és a beteg élete dialízis segítségével biztosítható. A dializált vesebetegek a súlyos vérszegénység miatt korábban vérértömlesztést kaptak, az rHuEPO adásával viszont a vérértömlesztés helyettesíthető. Az EPO hatása sokrétű, a teljesítmény szempontjából a hematokrit, tehát a vörösvértest-szám emelkedése és az oxigént szállító hemoglobin koncentrációjának fokozódása jelentős. A szervezet oxigénellátásának növelésével a teljesítmény értékelhetően emelkedik. Az EPO 1992-ben, a barcelonai olimpián került a tiltott szerek listájára.

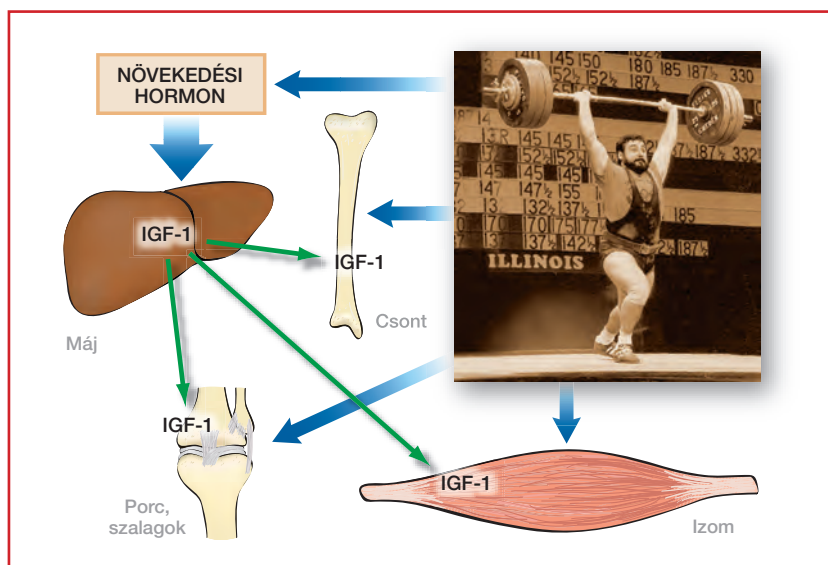
A doppingellenőrző laboratóriumok szakemberei több éven keresztül nem tudták elkülöníteni a belső és a külső EPO-t. Először a 2000-es sidneyi olimpián – a laboratóriumi technika fejlődésének köszönhetően – végeztek megbízható ellenőrző vizsgálatokat. A későbbiekben, a genetika és a gén-dopping tárgyalásakor visszatérünk az EPO-ra, tudniillik a sportgenomika génterápiás beavatkozásainál az EPO gén stimulálása az elsők között van.

A fehérjeszerkezetű hormonok csoportjához sorolható az utóbbi években ugyancsak elterjedt és teljesítményfokozásra alkalmazott tiltott doppinganyag, az inzulinszerű növekedési faktor, az *IGF-1*.

Az IGF-1 a legújabb teljesítményfokozó szerek egyike, emberben a máj termeli és hatása az anyagcserére – a fehérjeképződés fokozásában – megegyezik a növekedési hormonéval. Inzulinszerű hatása a vércukor-szabályozásban érvényesül. Az izomszövetben mint célszövetben inzulinszerű re-



Ben Johnson, aki fennakadt a doppingvizsgálón



Az IGF-1 hatásmechanizmusa

ceptorokon keresztül hat. A növekedési hormon az IGF-1 elválasztását fokozza, ugyanakkor az IGF-1 visszahat a hipofízisre, és csökkenti a növekedési hormon elválasztását (feedback). Hatása révén közvetlenül serkenti a csont működését és a csont felépítését irányító sejteket, és gátolja a kötőszöveti kollagén lebontását. Újabban a génterápiás vizsgálatok egyik anyaga, így várható, hogy a sportgenomika a géndoppingban az IGF-1 génjének stimulálását is alkalmazhatja.

A hasnyálmirigy által termelt *inzulin* jól ismert vércukor-szabályozó szerepe mellett a fehérjeszintézis fokozásán keresztül anabolikus hatással bír, ezért a tiltólistára került. A versenysportban a cukoranyagcserére kifejtett hatásai miatt használata nem terjedt el. Évekkel ezelőtt az inzulint sovány egyének testsúlyának fokozására, hizlalásra is használták.

## Kémiai és fizikai manipulációk a doppingolás elfedésére

A tiltott szereket használó sportolók és az irányító szakemberek számos manipulációs lehetőséget találtak és alkalmaznak a doppinganyagok és bomlástermékeinek elfedésére, a laboratóriumi kimutathatóság megzavarására. Bizonyos gyógyszerkészítményekkel manipulálni lehet a tiltólistán lévő doppingszerek anyagcseréjét és kimutatását. A NOB és a WADA az ilyen gyógyszereket tiltott szerként kezeli, használatukat korlátozza vagy tiltja. Ilyenek a probenid, a bromantán, az epitesztoszteron, a plazmapótszerek, a penicillin, a kefalosporin stb.

A *probenid* hatása a vese visszaszívó képességének gátlásán keresztül érvényesül. Maszkírozó hatását részben a penicillinnel kombinált kiválasztás gátlásán keresztül fejti ki. A penicillinürülés csökkentése mellett a doppinganyagok bomlástermékeinek kiválasztását is gátolja.



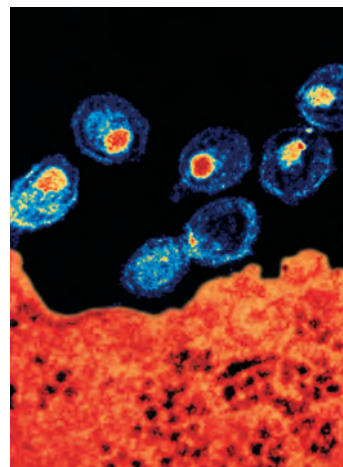
Az *epitesztoszteron* adása a tesztoszteron alkalmazása mellett gyakori, a NOB által megállapított 6:1 arány biztosítását szolgálja: amennyiben külső tesztoszteronnal az arány növekszik, a mellékesen adott epitesztoszteron az arányeltolódást kompenzálja.

A nagy molekulású *plazmapótszerek* – mint például a hidroxietil keményítő – a vese által lassan ürülő és vérkeringésben hosszabb ideig bennmaradó anyagok, s ezáltal az ilyen gyógyszerek a bomlástermékek kiválasztását is lassítják.

A kémiai manipulációk mellett a vizeletgyűjtéssel és -leadással kapcsolatos *fizikai manipulációk* is ismertek. Ezt a sportolók „öntésnek” nevezik. Az öntés célja, hogy az ellenőrzésre küldött vizeletgyűjtő edényben a gyógyszert szedő sportoló vizelete helyett idegen, gyógyszert vagy bomlásterméket nem tartalmazó vizelet kerüljön. Az öntésnek többféle módja van. Az egyik például az, hogy a hónaljba vagy láb közé helyezett tasakból ügyes mozdulattal ürítik az idegen vizeletet a gyűjtőedénybe. Előfordul a verseny utáni katéterezés, amikor a húgyhólyagot idegen, doppinganyagot nem tartalmazó vizelettel töltik fel.

## A vérdopping

Bizonyos sportágakban a gyógyszerekkel létrehozott teljesítményfokozás mellett éveken át a vérdopping alkalmazása gyakori volt. Elsősorban a saját vér visszaadása, az úgynevezett autológ transfúzió terjedt el, főleg futó számokban, például síkfutásban. A módszer lényege, hogy a sportolótól a legedzettebb állapotban vénapunkcióval körülbelül 900 milliliter vért vesznek. A levett vért alacsony hőfokon (–70, –80 °C) hűtik, és a verseny előtt visszamelegítve beadják a versenyzőnek. A visszajuttatott vér jelentősen megemeli a keringő vörösvértestek számát és az oxigént szállító hemoglobin koncentrációját. A vér oxigénszállító képességének fokozódása növeli a teljesítményt. A saját vér mellett az idegen vér beadása is előfordult. A fertőző betegségek, különösen az AIDS megjelenése és terjedése, továbbá egyéb víruseredetű, főleg a májműködést veszélyeztető gyulladások azonban kérdéssé tették a vérdopping alkalmazását. A módszer bonyolultsága és a jelentős anyagi ráfordítás – különösen a fertőzésveszély – akadályozta a vérdopping elterjedését. Az rHuEPO megjelenése és alkalmazása pedig gyakorlatilag szükségtelenné tette a vérdoppingot.



AIDS-vírusrészecskék egy fehérvérsejt felszínén

## A genetika megjelenése a sportban – a géndopping

A genetika fejlődése, a teljes emberi génkészlet megfejtése a jelen és a jövő kutatásaiban, így a sport területén is nagy szerepet kap. Új tudományág, a sportgenomika vizsgálja a genotípusban rejlő variációk szerepét a teljesítmény-élettannal összefüggésben. A teljesítménynövelés és -diagnosztika te-



rületén a jelenben és a jövőben tanulmányozni kell a genom szintjén jelentkező eltéréseket, melyek alapján újabb adatokat nyerünk a sportolók teljesítményére vonatkozóan. Megnyílik egy olyan fekete doboz, amelyről eddig semmit sem tudtunk, és az eddigi hagyományos terheléses vizsgálatok eredményeit kiegészíthetjük egy genotipizálási vizsgálattal.

A sportgenomikai kutatásokkal megismerhető, hogy a különböző betegségekben – mint amilyen az izomsorvadással járó Duchenne-féle izomdisztrófia – hogyan fejleszthető a teljesítmény olyan gén bejuttatásával, amely megváltoztatja az izomanyagcserét, az izmok vérellátását, az izomsejtek nagyságát.

*A belga kék marha*



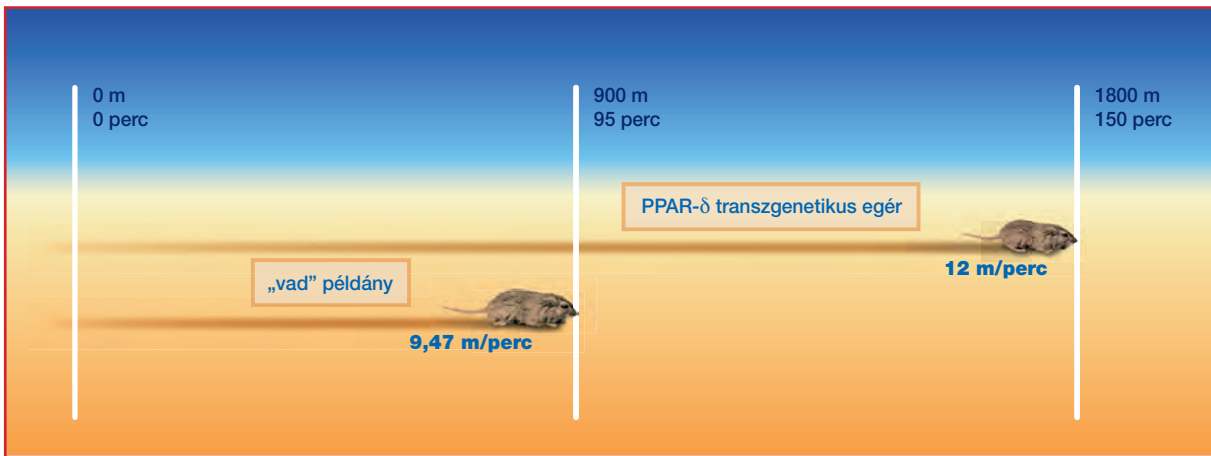
Állatkísérletekben ez ideig számos sikeres próbálkozás történt az izomsejt működését befolyásoló genetikai beavatkozások terén. A 19. században spontán mutáció eredményeképpen született belga kék vagy Piedmontese marhákat előszeretettel tenyésztik a fajlagosan nagyobb mennyiségű húruk miatt. Ezen állatok izomnövekedést behatároló miosztatin génje a mutáció következtében működésképtelen, ezért az izomzat jóval nagyobb mértékű gyarapodást mutat a mutációmentes marhákhoz képest. A sikerek a gyógyításban, a génkezelés és a szövetépítkezés területén óriási lehetőségeket ígérnek. A klónozás – egyes területeinek szakmai és etikai bírálata mellett –, a testi sejtek génmanipulációja elfogadott, és olyan gyógyító eljárásokat jelenthet, amelyek a gén szintjén hatva, ma még kezelhetetlen betegségek gyógyulását jelenthetik – ilyen például a vérzékenység, különböző izombetegségek, a Parkinson-kór, az Alzheimer-kór stb. A testi sejtek génkezelése kizárólag a kezelt egyén számára előnyös, a következő generációra nem örökíthető.

Mindeddig négy olyan gént azonosítottak, amelyek a vázizomzat méretéért és az edzésre adott válaszreakcióért felelősek. Nemrégiben egy olyan szokatlanul erős izomzatú ötéves kisfiúról számoltak be, aki egy igen ritka genetikai betegségben szenved, amely a miosztatin gén hibájával jár. Jelenleg nem ismert, hogy az izomerőben mutatkozó különbözőségeket ugyan-ezen gén változatai okozzák-e. Feltételezések szerint a vázizomzatban olyan összejtraktárok lehetnek, amelyek normál körülmények között téli álmukat alusszák, de mihelyt parancsot kapnak egy edzést vagy egy sérülést követően, rögtön új sejteket kezdenek termelni. A miosztatin szabályozhatja az ezekből az összejtekből újonnan képződő izomszövet mennyiségét.

Jelenleg létezik olyan genetikailag módosított egér, amelynek izomzata



*Vérzékenységben szenvedett  
Alekszej, az utolsó orosz cárevics*



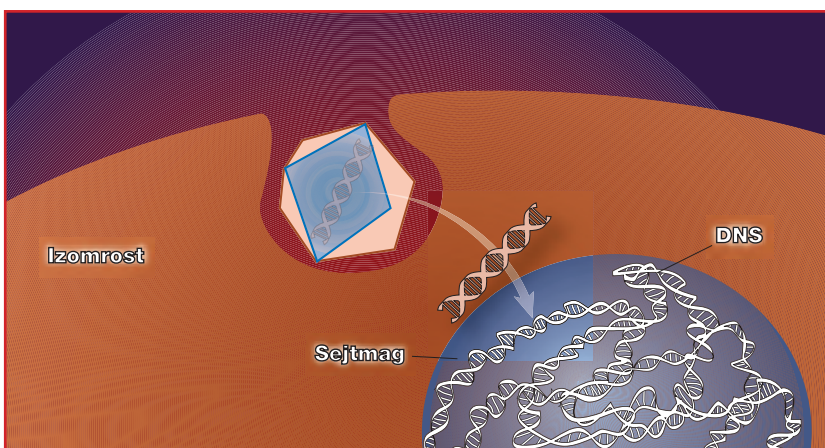
túlzott mennyiségű PPAR-delta fehérjét termel. A PPAR-delta az a fehérje, amely fontos szerepet játszik a zsírok elégetésében és az elhízás elleni küzdelemben. Ezen egerek testsúlya a közel száznapos magas zsírtartalmú étrendet követően egyharmada volt a kontrollállatokénak. Ám a kutatók megdöbbenésére a megnövekedett PPAR-delta drámai módon megváltoztatta az izomrost összetételét: a lassú izomrostok tömege megduplázódott. A génmódosított maratoni egér ezáltal 92 százalékkal nagyobb távolságot tudott megtenni közönséges társához képest. Jelenleg nem tisztázott, hogy a PPAR-delta fehérje magasabb szintje későbbi életkorban (vagy az emberekben) hasonlóképpen teljesítményfokozó hatású lehet-e.

*A génmódosított maratoni egér*

A génkezelés előnyeire a sportolók joggal tarthatnak igényt izom-, ízületi és sportsérüléseik gyógyításában. Ugyanakkor a génkezelés lehetőséget biztosít az izomműködés befolyásolásával a teljesítményfokozásra, a genetikai szintű doppingra is. A WADA 2002-ben felhívást tett közzé, melyben figyelmeztet ezekre a veszélyekre, és nemzetközi összefogást sürget a gén-dopping megelőzésére és a génmanipulációk kiszűrésére.

Az állatkísérletekben alkalmazott módszerek közül a közeljövőben az EPO gén, az izomsejtműködést befolyásoló distrofin gén és a növekedési faktorok közül az IGF-1 gén bejuttatása valószínű.

A hetedik kromoszóma hosszú karján lévő EPO gén működésének fokozására (génexpresszió) több lehetőség adódik.



*Géndopping*



A vektorok közül a legismertebb a vírusok bevitele. Állatkísérletes vizsgálatok igazolták, hogy a vírusvektorokkal a növekedési faktorok génjei bejuttathatók az izom genetikai állományába, és ezáltal jelentős mértékű izomnövekedés idézhető elő. Ilyen növekedési faktor az IGF-1 génje.

A vírusok mellett egyéb vektorok is alkalmazhatók a génkezelésben, ilyenek a plazmid-DNS, a liposzómák és különböző fehérje-DNS konjugátumok. Az EPO gén bejuttatásával kapcsolatos állatkísérletet Justice G. Kessler és munkatársai végezték. Az adenovírus-vektorral egerekbe bejuttatott emberi EPO gén a belső EPO-elválasztás fokozódását eredményezte. A vörösvértestszám emelkedése negyven héten át tartott. Az EPO gén külső bejuttatása az ellenőrzést is megnehezíti. Kérdés: hogyan lehet kimutatni a vektor által bejuttatott gént? Hogyan lehet szabályozni a vektorral gén által kiváltott vörösvértest-termelést? Egyelőre egyik kérdést sem lehet egyértelműen megválaszolni.

Jelenleg egy olyan készítmény klinikai kipróbálása van folyamatban, amelynél a génkezelést úgy alkalmazzák, hogy az EPO irányított és szabályozott indukciója alacsony oxigénkoncentráció hatására jön létre.

Az EPO mellékhatásai között megemlítendő, hogy a vörösvértestszám és a hematokrit emelkedésével nő a trombózis, a hipertónia és a szívinfarktus kialakulásának veszélye. Az EPO alkalmazásánál fokozott figyelmet kell fordítani a szervezet emelkedő vasszükségletére. A jelenlegi rHuEPO készítmények hatékony alkalmazása egészséges emberekben a hematokrit értékét 10 százalékkal, az oxigénfogyasztást 8 százalékkal, a vérnyomást pedig 8 százalékkal emelte.

A WADA nyilatkozata szerint a genetikai szintű beavatkozások a gyógyítás szempontjából ígéretesek, de megvan a visszaélés lehetősége. A nyilatkozat kimondja, hogy a dopping fogalmát ki kell terjeszteni a nem engedélyezett génátviteli technológiákra is. A kimutatási módszereket folyamatosan fejleszteni és finomítani kell, amelyhez széles körű szakmai, társadalmi és politikai szerepvállalás szükséges.

Az európai fejlesztésű diagnosztikai eszközök alkalmazásának elősegítése a 2008-as nyári olimpián megakadályozhatja a géndopping elterjedését a profi és az amatőr sportvilágban. Mindezek érdekében a sportolók, az európai és nemzetközi sportszervezetek, a kormányok segítségére és együttműködésére van szükség.

## A teljesítményfokozás – a dopping etikai vonatkozásai

Az előzők során megismerkedtünk a teljesítményfokozás céljára alkalmazható gyógyszerekkel, különböző módszerekkel és manipulációkkal. Olvashattuk, hogy a genetikai dopping, felhasználva a sportgenomika tudományos eredményeit, újabb lehetőségeket ad a génmanipulációra, a genetikai szintű teljesítményfokozásra.

A 21. században az emberiséget számos veszély fenyegeti: a világszerte terjedő szegénység és az ezzel járó migráció lehetősége, a környezetszennye-



zódás, a kimerülő energiaforrások, az általános felmelegedés, s mindemellett sajnos tovább folytatódik az egyén manipulációja, a drog- és kábítószerfogyasztás és az ezzel kapcsolatos szervezett vagy szervezetlen bűnözés.

A rendszeres testnevelés, a szabadidő- vagy a versenysport sajátos eszközeivel lehetővé teszi, hogy testben és lélekben egészségesek maradjunk, és a modern európai elvárásoknak megfelelő generáció nőjön fel. A sport az egészséges életre való nevelés egyik legfontosabb eszköze. Egészséget, örömet és boldogságot sugároz, pozitív életmintát közvetít, és megjelenít egy közösséget. Megtanít az önmagunkért és másokért való felelősségre, kialakítja a csapatszellemet. Lényegében elsősorban szellemi és intellektuális tevékenység. Alapvető s legfontosabb értéke és vonzereje is az esélyek egyenlősége: sokak szerint a sport a demokrácia iskolája.

Ugyanakkor azt tapasztaljuk, hogy a sporton belül etikai hanyatlás indult meg, ami annyit jelent, hogy a sport értékei egyre inkább devalválódnak, a győzelemért folyó könyörtelen küzdelemben jelen van a csalás és a manipuláció. A tiltott szerek és módszerek használata a teljesítményfokozás céljából már jó néhány évtizede jelen van a sportmozgalomban, és az ellene vívott harc sokszor kilátástalannak tűnik. Manfred Donike német professzor, aki a NOB által végzett doppingellenőrzés vezéralakja volt, egy alkalommal így nyilatkozott: „A manipulált sütn már célban volt, amikor a kontrollnyúl még el sem indult.”

Hogyan lehet küzdeni a gyógyszeres teljesítményfokozás és egyéb manipulációk ellen?

A védelem első szintjét a család jelenti. A világban végbemenő modernizációs folyamatok sokszor megkérdőjelezzik a család szerepét, a családi funkciókat, hagyományokat. A szülői példamutatás, a családi nevelés befolyásolhatja az utódok sorsát, életvitelét, és azt, hogy elfogadják-e, tiszteletben tartják-e a társadalom törvényeit.

A család mellett jelentős szerep jut a nevelésben és a doppingolás megelőzésében az iskolának. A drogfogyasztás és a tiltott teljesítményfokozás eszközei gyakran azonosak. Az iskolákban megfelelő ismereteket kell nyújtani a drogokkal és a doppingolással kapcsolatban, figyelmeztetni kell a tanulókat, hogy a gyógyszerek fogyasztása nem játék: egészségkárosító hatásán túl a bűnözés, a sportban pedig a csalás útjára vezet. A nevelésnek tehát óriási szerepe van a megelőzésben. Természetesen a folyamat hosszú, de tudomásul kell venni, hogy az ellenőrzés szigorítása, az új eljárások és gyógyszerek szedésének leleplezése önmagában csak a harc hevét fokozza. El kell érni, hogy a fiatalság megértse: a dopping és a csalás az emberi értékeket, a lelki és a testi egészséget fenyegeti. A nevelés célja a sokszínű, általános, személyre szóló és doppingmentes sport megvalósítása.

Vissza kell térni a sport és az egészség évszázados összefüggéseire. A sport fejlesztése mind a társadalom, mind az ember számára fontos értékeket hordoz. Meg kell akadályozni, hogy a dopping, a gyógyszeres teljesítményfokozás veszélyeztesse a sportot, az olimpiai mozgalom eszméjét.



*A sportra nevelés a vidám családi kirándulásokkal kezdődik*





## Ajánlott irodalom

- Hollósi Ildikó – Pucsek József – Tomori Éva: Béta blokkolók meghatározása vizeletből gázkromatográfiás módszerrel dopping vizsgálat céljából. *Sportorvosi Szemle*, 23. évf. (1982) 1. sz.: 3–10.
- Jákó Péter – Martos Éva – Pucsek József: A sportorvoslás alapjai. Bp.: Országos Sportegészségügyi Intézet, 2003.
- Pucsek József: A hazai sportorvoslás és doppinghelyzet. *Orvostovábbképző Szemle*, 10. évf. (2003) 9.=63. sz.: 11–16.
- Pucsek József: A sportolók táplálkozása. In: A sportorvoslás alapjai. Bp.: Országos Sportegészségügyi Intézet, 1998: 417–442.
- Pucsek József: A sporttevékenység során használható táplálék-kiegészítők. *Komplementer Medicina*, 7. évf. (2003) 3. sz.: 44–46.
- Pucsek József: Béta-receptor-blokkoló gyógyszerek és a sport. *Testnevelés és Sporttudomány*, 13. évf. (1982) 3. sz.: 101–104.
- Pucsek József: Dopping. In: A sportorvoslás alapjai, Bp.: Országos Sportegészségügyi Intézet, 1998: 444–457.
- Pucsek József: Dopping. In: Sportorvostan. Bp.: Sport, 1984: 203–218.
- Pucsek József: Gyógyszeres teljesítményfokozás, dopping-szerek és eljárások. In: *Farmakológia*, Bp.: Medicina, 2001: 308–315.
- Pucsek József: Tendenciák a gyógyszeres teljesítményfokozásban. *Gyógyszerészet*, 43. évf. (1999): 772–777.
- Pucsek József: Tiltott teljesítményfokozás – dopping. *MOTESZ Magazin*, 3. sz. (1999): 20–24.
- Pucsek, József – Kovács, L. – Zalka, A. – Dobó, R.: Separation of lipids by New Thin-Layer Chromatography and Overpressured Thin-Layer Chromatography Methods. *Clinical Biochemistry*, Vol. 22 (1988): 81–85.
- Pucsek, József: Doping in sports. In: The World of Sports Medicine, [Bp.]: Publishing and Promotion Comp. for Tourism, Vol. 1 (1988): 13–18.
- Umminger, Walter: A sport krónikája. Bp.: Officina Nova, 1992.