

# Az mnsX

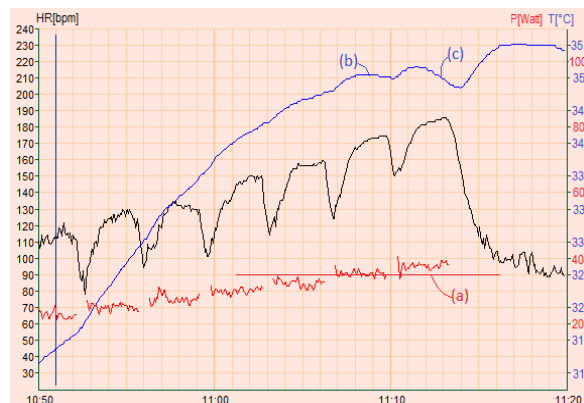
## A sportoló energiatermelése, mint „rejtély”

A sportolók energiatermelésének szabályozó „algoritmusát” az evolúció alakította, pontosan nem ismerjük, rejtélyes. Bonyolítja a helyzetet, hogy egyéntől függ a szabályozási mechanizmus, és ráadásul egyénenként még időben is változik. Eddig nem volt olyan eszköz vagy módszer, amellyel az edző és sportoló edzés közben monitorozni tudná, hogy a sportoló egy adott pillanatban milyen arányban használja az aerob és anaerob energiatermelést. Alapvetően az energiatermelést szabályozó „programot” az új mnsX (metabolic nervous skin reflex) szenzor sem fejt meg, de a szabályozó folyamat eredményt, az aerob / anaerob arányt megmutatja, ami elengedhetetlen többek között a dinamikusán változó zónahatárok, és regenerációs feltételek betartásához. Az energiatermelés aerob/anaerob arányát alapvetően a pillanatnyi sport intenzitás (futó sebesség, kerékpáros teljesítmény, evezési húzás erő,...) határozza meg, de bár kisebb mértékben, a sport-technika, az idegrendszeri állapot (szimpatikus / paraszimpatikus arány), fáradtság, táplálkozás, sportöltözet, időjárás körülmények... is befolyásolják. Ha az energiatermelési arányok nem az edzéstervnek megfelelően alakulnak, akkor elsősorban a sportintenzitáson kell változtatni, de elemzéssel megállapíthatóak idegrendszeri, táplálkozási és egyéb, az energiatermelést befolyásoló tényezők. A sportolók energiatermelését szabályozó algoritmus, mint „rejtély” tehát továbbra is létezik, de az mnsX szenzorral kezelni lehet a problémát, mert mérni tudjuk a „kimenő” paramétert, az energiatermelés jellemzőit, illetve ezt befolyásolni tudjuk a „bemenő” paraméterekkel, elsősorban a sport intenzitással, másodsorban sport-technikai, idegrendszeri, táplálkozási, öltözködési,... feltételekkel.

## Egy élettani felfedezés

Észrevettük, hogy a sportintenzitás változása a sportágtól függő testfelszíni ponton mérve, bőrhőmérséklet változást okoz. Elemezve több sportágot és különböző felkészültségű sportolók sok ezer edzését, összefüggést fedeztünk fel a bőrhőmérséklet változás és az energiatermelés típusa

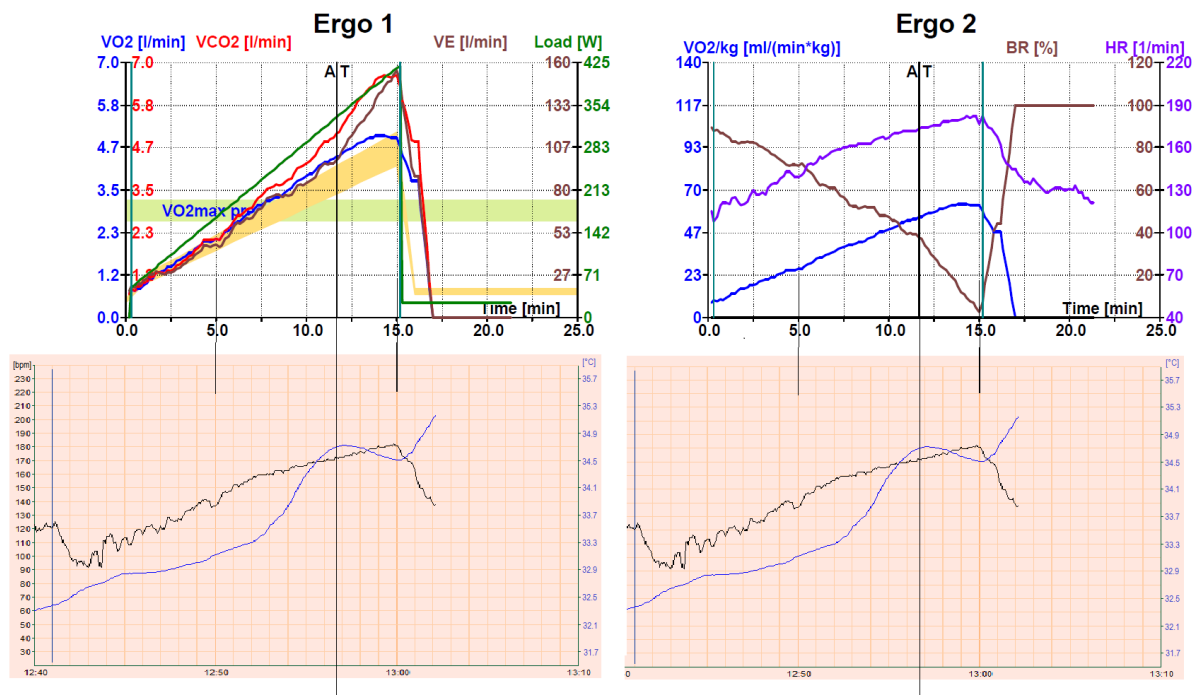
között. Észrevettük, hogy minden sportolóhoz tartozik egy „kritikus” teljesítmény szint, amely alatt, a bőrhőmérséklet a teljesítménnyel arányosan nő vagy csökken, illetve a kritikus szint felett csökken.



1. ábra

Az 1. ábrán kerékpáros lépcsős tesztet látható, amelyen a sportolónak a „kritikus” teljesítmény szint 360 Watt körül volt (a). Itt volt vízszintes a kék bőrhőmérséklet görbe(b), 360 wattnál magasabb teljesítményen a bőrhőmérséklet csökkent (c). Az sok ezer edzés elemzése alapján megfigyeltük, hogy ez a „kritikus” teljesítmény (a) az a határ, ahol még a sportoló stabilan tud teljesíteni, e felett már csak rövid ideig, azaz instabillá válik. Elemezve a bőrhőmérséklet változását az egyéb mérhető és számítható élettani paraméterekkel együtt, azt tapasztaltuk, hogy a „kritikus” teljesítmény szint a legmagasabb teljesítmény, ahol az aerob energiatermelés még egyensúlyban képes működni az anaerob túlterheléssel szemben, vagyis az állapot fenntartható akár egy órán keresztül is sportolótól függően. Viszont a „kritikus” teljesítmény felett kialakul az instabil anaerob túlsúly, ami csak rövid ideig, percekig tartható fenn.

Azt is felismertük, hogy abban az esetben, amikor erős a sportoló aerob rendszere, és különösen az aerob perifériás képessége, akkor a „kritikus” teljesítmény szint jóval meghaladhatja az anaerob küszöböt (AT), azaz képes folyamatosan anaerob tartományban stabilan dolgozni.

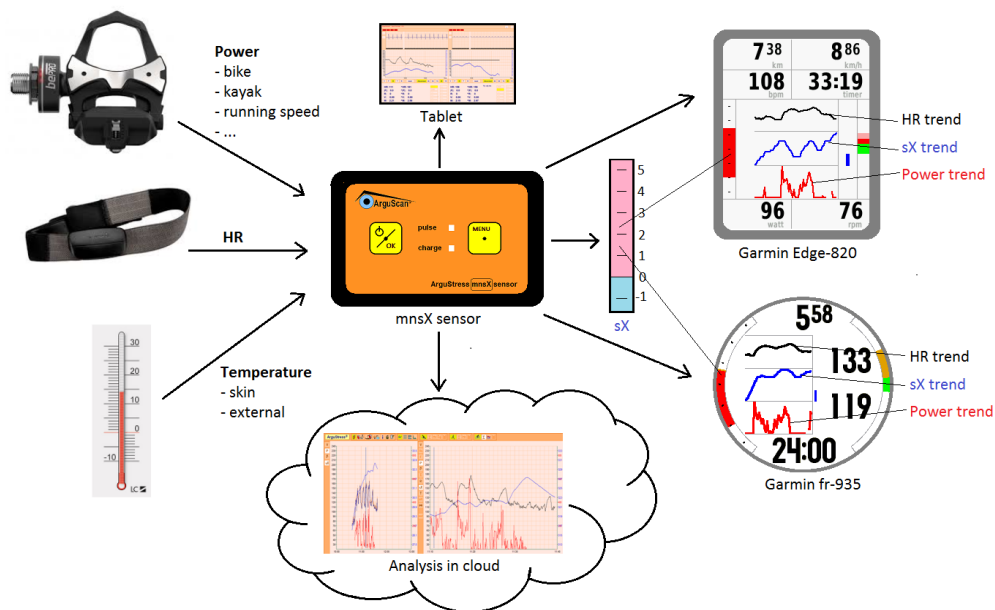


2. ábra

A 2. ábrán olyan országúti kerékpáros ergospirométeres rámpa tesztje látható, aki szinte kizárólag az AT teljesítmény szint alatt végezte edzéseit, és ezért a „kritikus” teljesítmény szint megegyezett az AT-vel, azaz AT felett nem tudott stabilan dolgozni, de azért meg kell jegyezni, hogy az AT-hez tartozó teljesítmény elég magas, 340 Watt körül volt.

## Az mnsX szenzor

Az aerob és anaerob energiatermelés arányának folyamatos monitorozása sportolók napi felkészülése során egy új dolog, ezt a jellemzőt eddig ilyen módon senki sem mérte, eddig ennek nem volt neve. Megfigyeltük, hogy az energiatermelés és az autonóm idegrendszer pillanatnyi változásait a bőr reflexszerűen, nagyon gyorsan (2-3” késéssel!) mutatja, ezért elneveztük a jelenséget „mnsX”-nek (**metabolic nervous skin reflex**), a jelenséget mérő készüléket pedig mnsX szenzornak. Az „sX” (**skin reflex**) értéket egy szabadalmaztatott eljárás alapján az izom feletti bőrfelületre helyezett szenzor számolja. Az mnsX szenzor telemetrikusan kommunikál más szenzorokkal, amelyektől adatokat kap, illetve eszközökkel, amelyek megjelenítik a szenzor mért és számolt adatait. Az mnsX szenzor algoritmus a telemetrikusan érkező aktuális sport teljesítményből (kerékpár watt, futó sebesség,...) az aktuális pulzusból valamint a szenzor által mért bőr- és külső hőmérsékletből számolja ki az aktuális sX értéket (3. ábra).



3. ábra

Az sX értékét úgy határoztuk meg, hogy számszerűen -1.5 és 5.5 közé essen, és időben ez az érték határozza meg a bőr reflex görbét (sX görbe). Tehát edzés közben az sX értéke és változása jelzi az energiatermelés változását, az sX görbe pedig jól mutatja a teljes edzés metabolikus jellemzőit és az autonóm idegrendszer állapotát. Az sX pillanatnyi értéke is érdekes, mert mutatja, hogy milyen intenzitással működik a sportoló aerob energiatermelése, de fontosabb az sX adatok változásának tendenciája, főleg az sport teljesítmény váltásoknál. Ha az sX értéke negatív, akkor az aerob energia termelés még nem megfelelő, optimális környezeti feltételek mellett (hőmérséklet, szél, öltözet,...) 0-2 tartományban a bemelegedést mutatja, 3-4 közötti tartomány az aerob extenzív-intenzív zónára jellemző, míg az 5 körüli értékek a magas aerob kapacitással rendelkező sportolók stabil anaerob extenzív zónájában mérhetőek. 5 feletti érték általában a túlhevülés túllötőzés jele. Teljesítmény változásnál, ha emelkedő teljesítménynél emelkedik az sX, akkor az aerob háttér erősebben termeli az energiát, ha viszont emelkedő intenzitásra sX csökkenés a válasz az már normál körülmények esetén az anaerob túlterhelés jele.

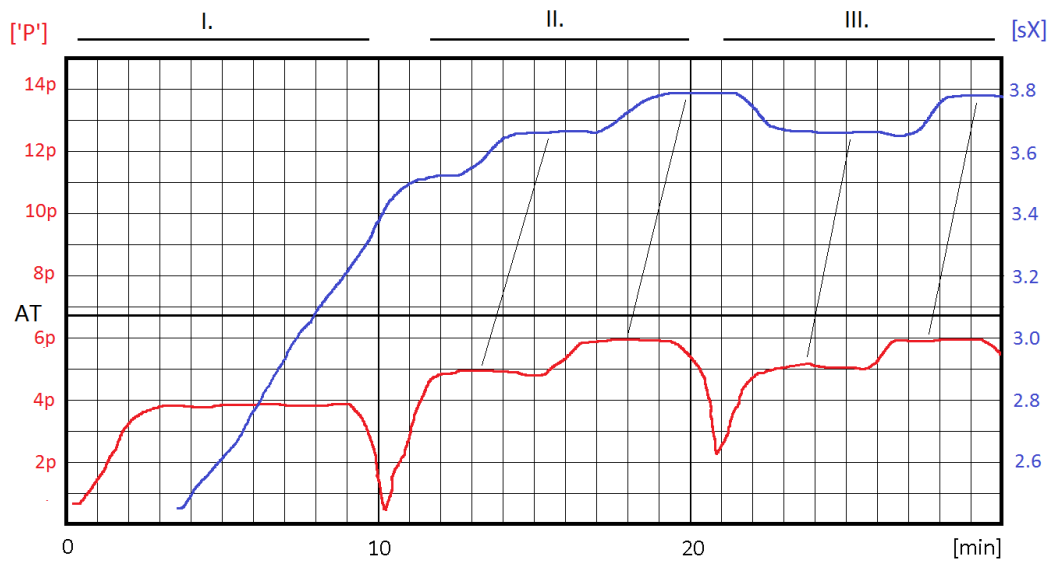
A szenzor a mért és számolt adatokat egyrészt tárolja az utólagos elemzéshez, illetve folyamatosan telemetrikusan küldi, valamilyen Garmin sporteszköznek (Connect-IQ / Edge, Forerunner, Fénix,...), vagy online edzői terminálként működő tabletnek. Ezek a megjelenítő eszközök folyamatosan mutatják a fontos számszerű adatokat, illetve a mért adatok görbéit. A szenzorban tárolt adatokat edzés után a felhőben lévő ArguStress elemzőbe lehet tölteni.

## Az $sX$ alapok

A különböző edzéstípusok gyakorlása közben jól megfigyelhető, hogy az anaerob küszöb (AT) alatt a teljesítmény növekedésével vagy csökkenésével együtt nő vagy csökken az  $sX$  értéke. Gyengébb aerob perifériás képességgel rendelkező sportolóknál miután meghaladja az AT-ot az intenzitás, az  $sX$  értéke elkezd csökkenni, vagyis az aerob/anaerob egyensúly az AT-hoz közel van. Az egyensúly felső határát, azaz intenzitás szint jelenti, amelynél az  $sX$  vízszintes és a sportoló képes ezen az intenzitáson folyamatosan dolgozni. Azoknál a sportolóknál, akiknek erősebb az aerob perifériás rendszerük, az energiatermelés egyensúlyi pontjuk feljebb tolódik. AT feletti intenzitáson az anaerob energiatermelés is beindul, de amíg az aerob energiatermelés túlsúlyban van, addig emelkedik az  $sX$ . Amikor a két fajta energiatermelés egyensúlyban van, azon az intenzitáson az  $sX$  változatlan ( $sX$  görbe vízszintes). E feletti intenzitáson anaerob túlsúly lesz és csökken az  $sX$  értéke.

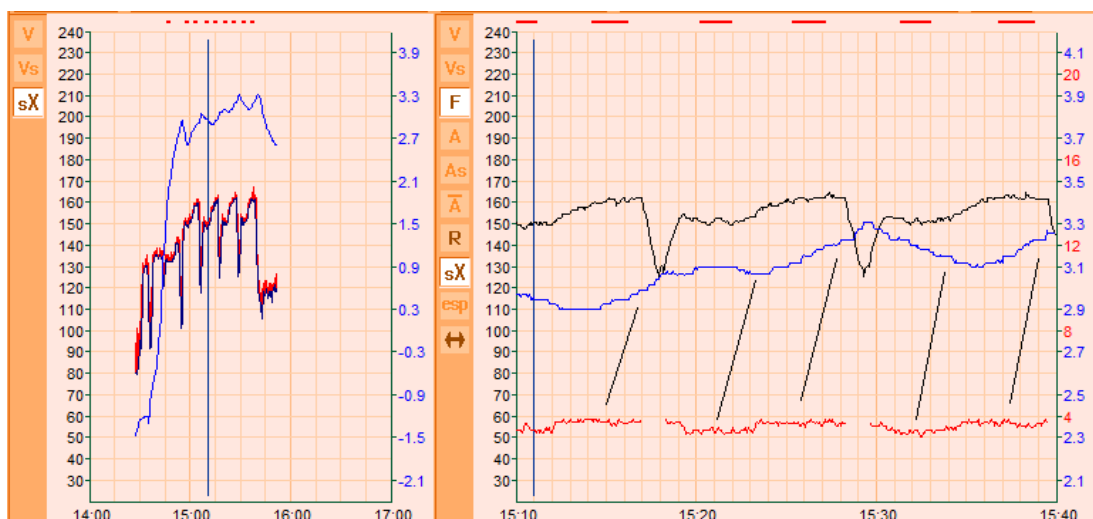
Intenzitás változás hatására tehát mindig nő vagy csökken az  $sX$ , attól függően, hogy mennyire „él” az aerob energiatermelés, mennyire „nyomja el” az anaerob energiatermelés. Erős aerob kapacitással rendelkező sportoló hosszú percekig képes, jóval AT-t meghaladó intenzitáson, 10 mMol/l-es laktát szint felett aerob/anaerob egyensúlyban, stabilan dolgozni.

A 4. ábrán kék szín jelöli az  $sX$  értéket, piros a teljesítményt 'P' vagy intenzitást. Itt azért nem írtunk konkrét mértékegységet, mert sportágtól függő, hogyan mérhető a sportoló teljesítménye, intenzitása. (futóknál futási sebesség, úszóknál úszássebesség, kerékpárosoknál Watt, kajakosoknál a tolóerő, ...)



4. ábra

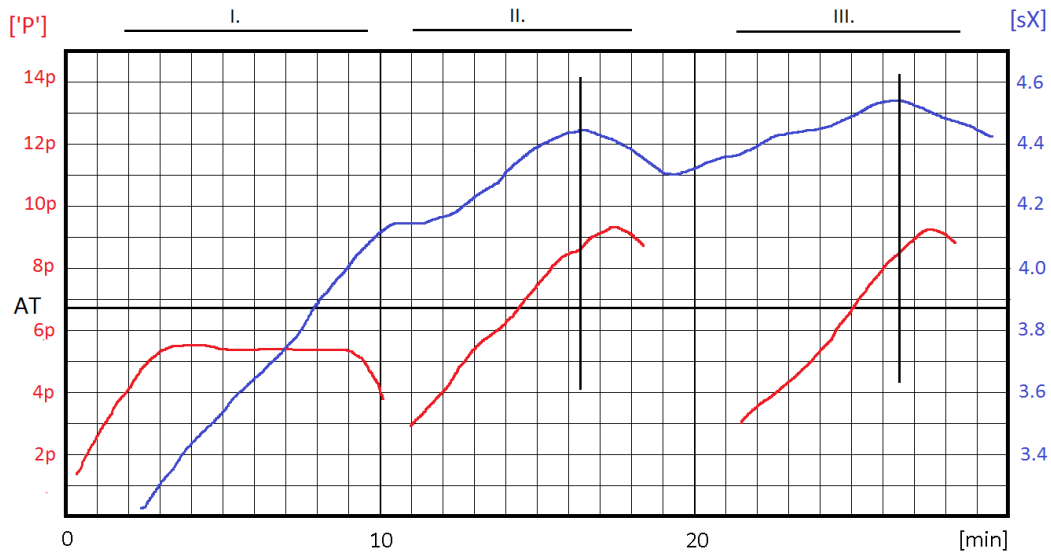
Az edzésrészleten három szakasz látható: I. a bemelegítés 4p intenzitáson, a II. és III. szakaszok megegyeznek, 5p és 6p intenzitások váltogatva. Látható, hogy a sportoló AT alatt maradt végig, a bemelegítés alatt „beindult” az aerob rendszere, a II. és III. szakaszokban pedig az sX változása kb. 2' késéssel követi az intenzitás változást. Megfigyeléseink alapján aerob túlsúly esetén az sX változás késése az intenzitás változáshoz képest 1.5-2.5', míg anaerob túlsúly esetén sokkal gyorsabb, akár 2-3". Ez igaz arra az esetre is, amikor megáll a sportoló, mert akkor max. 2.5' múlva elkezd csökkenni az aerob energiatermelő rendszer hatékonysága = sX süllyed.



5. ábra

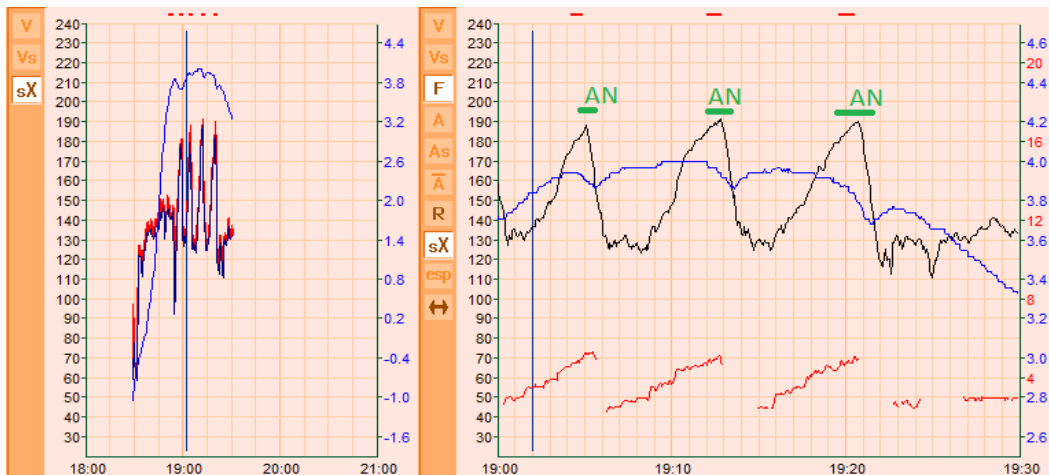
Az 5. ábrán az 4. ábrához hasonló jellegű kajakos edzést látunk, a fekete görbe a pulzust, kék az sX-et, a piros a lapát tollán ébredő átlagos (egységnyi időre eső) tolóerőt mutatja. Itt is látható, hogy a bemelegítést követően az aerob rendszer intenzitása = sX együtt fut a kajakos átlagos tolóerejével és a pulzussal is.

A 6. ábrán az edzés I. szakasza a bemelegítés 5.5p intenzitáson, a II. és III. szakaszokon pedig a feladat folyamatosan emelkedő intenzitás volt 3p –ről indulva 9p fölé.



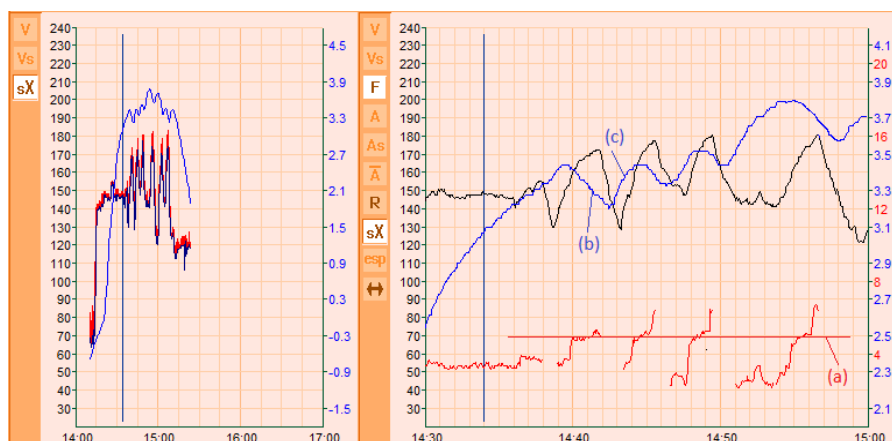
6. ábra

A sportolónak erős aerob perifériás képessége volt, ezért AT=6.8p fölött is aerob túlerőt mutatott (intenzitás nőtt és sX emelkedett), és csak jóval AT fölött, 8.5p intenzitás körül kezdett anaerob túlsúlyba kerülni (intenzitás nőtt és sX csökkent).



7. ábra

A 7. ábra a 6.-hoz hasonló jellegű edzést mutat. Jól látható, hogy emelkedő pulzus és intenzitás mellett mikor kezd az sX csökkenni, és ebből látszik, hogy a sportoló mennyi időt töltött anaerob túlerőben (AN). 19:15 –től az sX abszolút csökkenő tendenciája jelzi, hogy már az aerob háttér energiatermelő képessége is kezdett csökkenni a sportoló fáradása miatt.



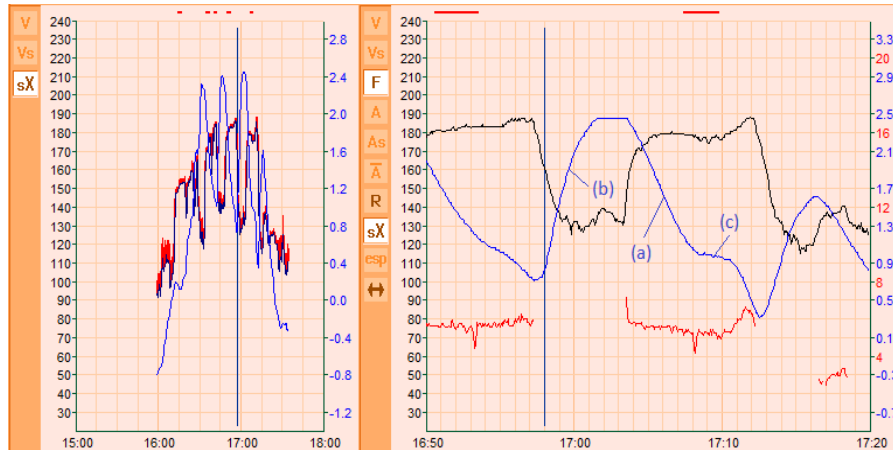
8. ábra

Az 8. ábrán látható, hogy amint a sportoló 5-ös intenzitáson (a) kezd evezni szinte azonnal (5-10" elteltével) jelzi az sX csökkenése (b) az anaerob túlsúlyt, illetve amint megáll a sportoló az evezéssel 15-20" elteltével aerob túlsúly jelentkezik és az sX elkezd emelkedni (c). Amikor a sportolók a kijelzőn látják az sX értékét és meredekségét, gyakorlatilag azonnal ( 5-10" múlva) észreveszik, hogy az intenzitás anaerob túlsúlyt jelent, illetve csökkentve az intenzitást, szintén azonnal látják, ha visszatért az aerob túlsúlyt jelentő intenzitás zónába. Az, hogy az sX ilyen gyorsan képes jelezni az anaerob túlerőt, nagyon fontos, mert ennek segítségével lehet az AT felett, de aerob túlerőben (anaerob extenzív zóna) az aerob perifériás képességet nagyon magas szintre edzeni. E nélkül a gyors



visszacsatolás nélkül a sportoló nem érzékeli edzés közben a kritikus határt, rendszeresen túllépheti azt (anaerob intenzív zóna), ami nagyon gyorsan lerombolhatja az aerob hátteret.

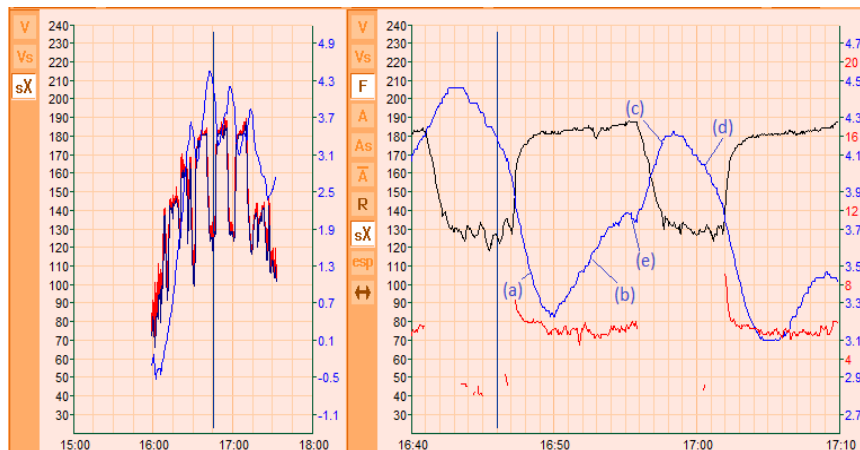
A 9. és 10. ábrán látható két sportoló együtt edzése, egymás mellett mentek 3 x 2000 m-t verseny intenzitáson, időre. Az intenzitások hasonlóak voltak, viszont a metabolikus energiatermelő rendszerük teljesen máshogy működött.



9. ábra

A 9. ábrán látható sportolónak gyenge volt az aerob perifériás képessége, a 2000 m-es távokat folyamatosan anaerob túlsúlyban teljesítette, az sX értékek drasztikusan, 2.2 -t estek 8 perc alatt (a). Az sX görbe tipikus anaerob túlsúlyos edzést mutat: terhelésre csökken az sX, pihenőben próbál feléledni (b) az aerob rendszer és nő az sX.

A 10. ábrán látható sportolónak viszont magas volt az aerob perifériás képessége, a 2000 m –ek közben a keményebb megindulás után (a) folyamatosan emelkedett az sX értéke (b), azaz aerob túlsúlyban dolgozott, és amikor pihenő volt és nem evezett, a tipikus 2.5' múlva (c) kezdett csökkenni az aerob energiatermelése, ezért az sX értéke is csökkent (d).



10. ábra

A két versenyzőnek képességfejlesztés szempontjából egész más volt az edzés hatása, mert más zónákban edzettek, habár az intenzitás és pulzus görbék és a 2000 m-es idők is szinte teljesen megegyeztek.

Ha a 9. és 10. ábrákból kivesszük az sX görbét, akkor a sport intenzitás (teljesítmény) és pulzus válasz alapján gyakorlatilag két azonosnak mondható edzésprofilot látunk. A fenti esetben az edző végig kísérelte az edzést motorcsónakkal, de látszatra nem volt lényeges különbség a két versenyző teljesítménye között, csak szóban jelezte az anaerob túlsúlyban evező versenyző, hogy nem esett jól neki és nagyon elfáradt, a másik versenyzőnek jólesett. Nagyon fontos tehát, hogy az intenzitás/pulzus paraméter mellett az sX paraméter jól mutatja, hogy „mibe került” az edzés a sportolónak, milyen energiatermelési típust használt az edzés végrehajtására.

Laborban vagy edzés közben számtalan paramétert lehet mérni (teljesítmény, oxigén felvétel, pulzusválasz, vérben a laktát,...) de valójában azt, hogy a sportoló milyen mértékben van túlterhelve, egyik sem mutatja olyan pontosan, mint az „összegző reflexként” mért sX görbe. A fenti együtt edzhetőségi példánál is jól látszik, hogy a 9. ábrán látható sX alapján a sportolónak csak 17:08 -tól kb. 2' időtartamra (c) csökkent annyira le az evezési intenzitása, hogy stabilizálódni tudott, azaz aerob anaerob egyensúly alakult ki (vízszintes sX), egyébként instabil (nem fenntartható) anaerob túlsúlyt igényelt a tempó. A másik sportoló viszont a 10. ábrán jól láthatóan csak a finishben 16:55 után került rövid időre anaerob túlsúlyba (e), a többit megoldotta stabil aerob túlerőben.

### sXct: Klasszikus sémák vs. mnsX forradalom

Az energiatermelés aerob/anaerob arányait tekintve, minél rövidebb a versenytáv, annál nagyobb arányban használja a sportoló az anaerob energiatermelést, de mindig működik az aerob is. A két energiatermelési képesség fejlesztését a versenytávnak megfelelően kell meghatározni, és edzésekkel úgy fejleszteni, hogy az versenyen a tervezett legyen. A lényeg tehát, hogy a sportágnak megfelelő technikán és technológián kívül a sportoló energiatermelő rendszerének tervszerű működése a szükséges feltétele a sikeres versenyzésnek. Mivel az energiatermelés a sport intenzitás függvényében folyamatosan és gyorsan változik a legoptimálisabb, ha a fejlesztendő energiatermelést monitorozva ellenőrizzük az edzés folyamatát. Az mnsX szenzor a bőr fiziológiai reflexe alapján mérhetővé teszi az energiatermelés folyamatát, így pontosan azzal, a legfontosabb paraméterrel tudjuk visszacsatolva szabályozni az edzés folyamatát, amit a célunk változtatni. Az mnsX technológia előtt edzések alatt csak közvetett információ volt az energiatermelés arányairól, ami lényegesen pontatlanabb eredményt tett csak lehetővé. Az mnsX szenzor tehát szabályozhatóvá tette az sportoló energiatermelését, mert a bőrreflexet mérve a sport intenzitás változtatásával pontosan beállítható az edzésprotokollban előírt aerob/anaerob arány. Ezt a módszert nevezzük „sXct”-nek (**sXct = skin refleX controlled training**).

Az sXct forradalmasítani fogja az állóképességi és erő állóképességi sportolók felkészítését, mert az sX adat online információt ad az aerob /anaerob energiatermelés arányáról, amiről eddig edzés közben jobbra csak feltételezések voltak. Olimpiai és világbajnok kajakosok edzésein több év alatt folyamatos bevezetésre kerültek olyan új edzéstípusok, amik eddig nem voltak ismertek, illetve olyan fogalmak, amiket eddig nem használtak. Az aerob/anaerob arányt mérve nyilvánvalóvá vált hogyan lehet AT-nál magasabb, anaerob intenzitási zónában az aerob perifériás képességet fejleszteni, vagy hogyan lehet elérni, hogy egy sportoló minél magasabb anaerob zónában is aerob túlerőben tudjon dolgozni. Az sXct segítségével elkerülhető az aerob háttér rombolása sorozatos nagy intenzitású anaerob túlsúlyos edzések mellett. Mérhetővé vált, hogy az autonóm idegrendszer szimpatikus túlsúlya anaerob energiatermelési reflexeket erősíti ellentétben a paraszimpatikus túlsúlyos állapottal, amely az aerob reflexnek kedvez. Az sXct használatával a 5-10” -es változtatások a résztávok közötti pihenési időben elkerülhetővé teszik a nem tervezett anaerob túlterhelést. Az sXct-vel ellenőrizhetővé tettük intervallum edzéseken az optimális intenzitást, pihenési időt és ismétlés számot. Mérhetővé tettük a bemelegítés folyamatát, és egyedileg meghatároztuk az optimális protokollját, illetve nevesítettük a kulcsedzések előtti szükséges bemelegedési feltételeket. Az sXct-vel meghatároztuk a levezető edzésszakasz szükséges feltételeit, ami biztosítja az edzések közötti leggyorsabb regenerációt.