

KÍSÉRLET PREPUBERTÁSKORÚ LEÁNYOK KOMPLEX FEJLŐDÉSÉNEK MEGKÖZELÍTÉSÉRE

Zsidegh Petra, Zsidegh Miklós, Szmodis Márta, Szmodis Iván, Mészáros Zsófia és Mészáros János

Semmelweis Egyetem, Testnevelési és Sporttudományi Kar, Budapest

Zsidegh, P., Zsidegh, M., Szmodis, M., Szmodis, I., Mészáros, Zs., Mészáros, J.: *Attempt to approach the complex development of prepubertal girls. There is no doubt that regular exercise has a beneficial influence on physique, body composition and physical working capacity. In addition to the role of inheritance, one can separately describe the structural changes brought about by exercise and physical training as well as the ensuing improvement of performance. However, when it is the complexity of biological systems that is to be "measured", a growing number of researchers try to utilize statistical entropy (Land and Elias 2005). Various physiological processes, even motor performances have already been analyzed by using entropy, such as DNA sequences, heart rate (Costa 2005, Lake et al. 2002), Pulmonary ventilation (Burioka et al. 2003), blood pressure (Kuusela et al. 2002), the specific power output of wall climbers (Boschker and Bakker 2002), gait (Costa et al. 2003), target following movements (Lai et al. 2005), but the indicator of the function's orderliness has been calculated by using only the time series of solitary parameters. We attempted to assess the quality of the studied system as a whole by a single integrated diagnostic parameter (Zsidegh 2000), to this end we calculated entropy from several variables of the system. Two groups of girls were studied: 58 girls who attended specific physical education classes (GT) and 78 girls who attended classes following the general curriculum (GN). Eight observations were made with intervals of half a year. When this longitudinal study began, the average age of the pupils was 7.09 years. The variables used to calculate the entropy of the system were height, body mass, the metric and plastic indexes, relative fat mass (F%) and the data of four motor tests, namely, 30m dash, standing broad jump, fistball throw and 400m run (Szabó 1977). The analysis of the employed model failed to support our working hypothesis that the development of the GT group would exceed that of the GN group in orderliness. The comparison of the entropies showed that the development of the GN group displayed significantly more orderliness for the system as a whole (Esum) as well as for the respective body dimensions (Emorf). Though there was no significant difference between the groups in the entropy calculated for the exercise tests (Emot), it was again the GN group for which the orderliness of development was better. That is, the lower values of entropy for the complex development of the GN group spoke for a better balance of dimensional changes and a performance improvement that corresponded better to these changes. Since we could not confirm the fit of the model, we tried to find the reasons in the traditional way, i.e. by analyzing the variables separately. Excepting height and the metric index the growth patterns of the groups differed significantly, and even the age-related changes within the groups were significant. The two groups differed significantly in some of their physical performances. In the GT group there were fewer significant differences between the respective observations. This may be the background of the better orderliness of the motor performances (Emot) and of the system as a whole (Esum) in the GN group, because one expects significant improvement in performance when the morphological changes are significant. The significant difference in the physique (Emorf) of the groups could not be explained in a satisfactory way when the only significant difference was that of F%. Except the metric index all the studied variables correlated significantly with preceding age ($r=0.98-0.99$). The slopes of the regressions on age did not*

differ. The improvement of the GT group in performance did not exceed the initial difference attributable to selection in any of the four motor tests. Since the analysis by variable did not confirm a performance improvement exceeding that of an average biological development in the GT group, we have no reason to speak of a training effect. The absence of this effect may explain, on the one hand, why our original working hypothesis could not be confirmed, and, on the other hand, it throws light on how subjective the selection to these special physical education classes is and how problematic the efficiency of this kind of education has been.

Keywords: *Analysis of entropy in a complex system; Physique; Body composition; Motor performance.*

Bevezetés

A termodinamika második főtételéből származtatott és már az információelméletben is hagyományosnak számító entrópia mennyisége (Cover és Thomas 1991, Ihara 1993, Shannon és Weaver 1949) a biológiai rendszerek működésének megítélésére is alkalmas (Singh 1998). Az entrópia valamely rendszer szabályozottságának és komplexitásának statisztikai számszerűsítése, mely a mért rendszerjellemző adatok idősora alapján határozható meg. Elfogadottá, bizonyítottá vált, hogy a magas szintű rendezettséget alacsony entrópia jellemzi és ez érvényes populációkra, egyedekre és ezek nagyon precíz struktúráira is (Udgaonkar 2001). Fiziológiai, esetenként klinikai adatokra bevezették a közelítő entrópia (ApEn) fogalmát is, mely egy idősor jellemzőit egy kiválasztott, domináns jel mintázatához hasonlítja (Pincus és mtsai 1991, Pincus és Goldberger 1994).

Rendezettséget, szabályozott működést vizsgáltak már DNS-szekvencia és szívfrekvencia tekintetében (Costa és mtsai 2005), még újszülötteknél is (Lake és mtsai 2002), de a légzésfrekvencia (Burioka és mtsai 2003), a vérnyomás (Kuusela és mtsai 2002) szempontjából is, és természetesen nemcsak fiziológiai, hanem makro-mozgásokat reprezentáló jelek esetében is: különböző sebességű járás ciklusainak dinamikáját, rendezettségét (Costa és mtsai 2003), a célirányos mozgások szabályozottságát az időbeli és térbeli feltételek változtatásával kapott trajektóriák alapján (Lai és mtsai 2005), falmászók teljesítményét, mozgásügyességét mint a neuromuszkuláris rendszer megnyilvánulását a geometriai entrópia (Cordier és mtsai 1993, 1994) segítségével, de olimpiai és világbajnok sportolók mozgásteljesítményét is a specifikus mozgások pályagörbéiből számolt entrópiával (Csende és mtsai 2005).

Ahhoz, hogy egy biológiai rendszert több jellemzőjének – esetünkben prepubertás korú leányok testi fejlődéséről és fizikai teljesítményéről van szó – integrált paraméterével minősítsünk, a fenti, „egydimenziós” rendszer-jellemzések helyett a több változó azonos idősorából számolt „többdimenziós” entrópiát tartjuk alkalmasabbnak. Ebben az életkorban még talán lineáris a fejlődés, így az entrópia alkalmas a szabályozottság mértékének jellemzésére (Land és Elias 2005). Ezért tételezhettük fel, hogy a fokozott fizikai aktivitás hozzájárul a morfológiai, különösen pedig a fizikai teljesítményt érintő fejlődéshez, és hogy ez az entrópia segítségével kimutatható.

Munkánk célja tehát az volt, hogy azonosan prepubertás korú, de fizikai aktivitásukban eltérő leányok testi fejlődését, a strukturális változásokkal járó funkcionális módosulásokat, illetve ezek rendezettségét, összhangját leírjuk.

Anyag és Módszer

Vizsgált személyek

A 2003–2006-ban lefolytatott vizsgálatban egy észak-kelet magyarországi nagyváros általános iskoláinak leánytanulói vettek részt. A longitudinális vizsgálatoknál

törvényszerűen bekövetkező elemszám-csökkenés és az életkor szerinti kiválasztás után a mintában 58 testnevelési osztályos (GT) és 78 általános testnevelési tantervű osztályba (GN) járó leány maradt. Átlagéletkoruk a vizsgálat kezdetekor 7,09 év (GT: 7,12±0,2; GN: 7,07±0,2) volt. A GT csoport tagjai a hetente négy testnevelési órán kívül egy további kötelező sportfoglalkozáson vettek részt, míg a GN csoportba tartozók csak az órarend szerinti két testnevelési foglalkozáson. A vizsgálat tervezésekor és szervezésekor a WMA ajánlásainak (1996) megfelelően jártunk el.

A vizsgálati eljárás és az alkalmazott módszerek

Az adatfelvétel az iskolai év minden félévében történt. Az egyes iskolák oly módon kerültek sorra, hogy a mérések közötti időtartam mindenki számára jó közelítéssel fél év volt. Összesen nyolc alkalommal végeztünk részletes antropometriai adatfelvételt, a fizikai teljesítményeket ±2 nap eltéréssel regisztráltuk.

A testméretek felvételénél és a korcsoport osztályszélességének kijelölésekor a Nemzetközi Biológiai program (IBP) ajánlásait vettük figyelembe (Weiner és Lourie 1981).

Eredményeink bemutatásához rögzítettük a tízes számrendszer szerint megadott naptári életkort (DCK), a testmagasságot (TTM) és a testtömeget (TTS). Kiszámítottuk a növekedési típus metrikus (MIX) és plasztikus indexét (PLX; Conrad 1963, Szmodis és mtsai 1976), a testösszetételi jellemzők közül pedig a jobb testfélen mért bicepsz-, tricepsz-, lapocka-, csípőtővis- és mediális lábszáredőből a Szmodis és munkatársai (1976) által megadott egyenlet alapján a Pařížková javaslata szerint (1961) becsült relatív testsírtartalmat (F%).

Az adatfelvételek során hitelesített antropometriai mérőeszközöket (Sieber-Hegner, Zürich), Lange-féle bőrredő kalibert, digitális kijelzésű, hitelesített személymérleget és acél mérőszalagot használtunk.

A testnevelési és általános tantervű osztályokba járó gyermekek fizikai teljesítményét négy motorikus próba eredményével becsültük ebben a hosszmetseti vizsgálatban. A próbaválasztást többek között az is indokolta hogy a Központi Sportiskola munkatársai korcsoportonként nagy mintákról közöltek összehasonlító adatokat, tapasztalataik szerint e négy teljesítmény kielégítően becsli a vizsgáltak általános mozgásteljesítményét, továbbá a próbaeredmények együttes értelmezésének prediktív funkciója is lehet (Szabó 1977).

A gyorsaság jellemzésére a 30 m-es vágtafutást, a robbanékony erő és a kar-törzs-láb koordináció együttes jellemzésére a helyből távolugrást, a kar-törzs-láb koordináció és a felső végtag robbanékony erejének becslésére a kislabda-hajítást és a kardio-respiratorikus állóképességi szint leírására a 400 m-es futást alkalmaztuk. Valamennyi próba végrehajtása az atlétika versenyszabályai szerint történt. A leolvasás pontossága sorrendben: 0,01 s, 1 cm, 10 cm és 0,1 s volt. A vágtafutás esetében kettő, az ugrás és dobás esetében három sikeres kísérlet közül a legjobb eredmény került be az adatbázisba.

A tanulók, mint kinantropometriai rendszerek rendezettségét a mért és számított változók felhasználásával jellemeztük egyénekenként.

A statisztikai entrópia kiszámolásának többféle lehetősége közül (Land és Elias 2005) egy, ugyancsak információelméleti alapú becslést (Csende és mtsai 2005) alkalmaztunk, mely megengedi, hogy különböző (de csakis aránytartó vagy intervallum) skálájú vagy dimenziójú adatok alapján is kiszámolható legyen a rendszer entrópiája (Zsidegh 2000). Az entrópia kisebb értéke itt a rendszer rendezettebb működését jelenti (Cavanaugh és mtsai 2005, Pijpers és mtsai 2003, Rangel 2005).

Az eljárás lényege illetve az ENTRÓPIA™ szoftver működése: a biológiai rendszer jellemzésére alkalmasnak tartott paraméterek (azaz a mérési alkalmak során regisztrált

eredmények) egyidejű idősorokat képeznek. Együttesen olyan adatbázist alkotnak, melynek annyi sora van, ahány mérési alkalom (N) volt és annyi oszlopa (M), ahány rendszer-jellemző paramétert mértünk, tehát $X(i,j)$ az i-edik mérés j-edik paraméterének értéke. A mérési periódust tekintettük egységnyi időtartamnak, s ez határozta meg a mintavételi frekvenciát, mely az entrópia számolásához szükséges adat. Valamennyi változó egyedi értékeiből egy célszerűen megválasztott közelítéssel meghatároztuk az $X(t,j)$ függvényt (t a változó és a j egy konstans) és a minden változóra (oszlopra) külön-külön jellemző k konstans. Az erre a függvényre érvényes egyenlőség:

$$\int_0^{(N-1)T} f(t) dt = \int_0^{(N-1)T} kX\left(\frac{t}{T}, j\right) dt$$

Amennyiben k értékét úgy határozzuk meg, hogy az egyenlőség jobb oldala = 1, megkapjuk az adott változó sűrűségfüggvényét. Ebből meghatározható az adott adatfelvételi időponthoz tartozó függvényérték p valószínűsége, ebből pedig kiszámolható az adott változó entrópiája:

$$E(j) = \int_0^{(N-1)T} -p(t) \log_2 p(t) dt$$

A rendszer egészének entrópiája pedig változói entrópiáinak összege:

$$E(\text{rendszer}) = E(0) + E(1) + \dots + E(M-1).$$

Ez az egyenlet támasztja alá a „többdimenziós” entrópia kiszámolásának jogosságát és egy komplex biológiai rendszer rendezettségének, szabályozott működésének megítélésére való alkalmasságát. Amennyiben feltételezhetjük, hogy az adatfelvételek között eltelt időtartamokkal arányos és viszonylag egyenletes testi fejlődésnek – mint struktúrának –, valamint a rendszeres fizikai aktivitásnak következményeként a fizikai teljesítmények – mint funkciók – is hasonló módon változnak, akkor e változásokat egy algoritmusba foglalva a rendszert egy, a mért tulajdonságokat, azok változását magában foglaló, integrált paraméter értékével minősíthetjük.

Matematikai statisztikai módszerek

A csoportokat a szokásos alapstatisztikai mutatókkal írtuk le. A csoportokat jellemző statisztikai entrópiákat a független minták t-próbájával hasonlítottuk össze. A csoportok különbségét és az időbeli változásokat mérés-ismétléses variancia analízissel vizsgáltuk. Valamennyi statisztikai hipotézisünkről 5%-os szignifikancia szint mellett döntöttünk.

Vizsgálati eredmények és Megbeszélésük

Azt a jogosnak vélt feltételezésünket, hogy a testnevelési osztályos tanulók komplex fejlődésének rendezettségi mutatója jobb, mint a kontroll csoporté, a biológiai rendszerekről, de különösen a sportolókról közölt irodalmi adatokra alapoztuk. Boschker és Bakker (2002), Cordier és munkatársai (1993, 1994), valamint Pijpers és munkatársai (2001, 2003) eltérő minőségű falmászók teljesítményét hasonlította össze különböző feltételek mellett. Munkáikban viszont közös, hogy a kezdő és gyakorlott falmászók komplex ügyességi mutatójaként a „geometriai entrópiát” használták. Valamennyi esetben szignifikánsan jobb volt a gyakorlott csoport eredménye (entrópiájuk alacsonyabb volt), azaz rendezettebb volt a mozgásuk, kevésbé tértek el az ideális pályagörbétől, amit nemcsak falmászói gyakorlatuk, hanem képességbeli különbözőségek is okoztak. Az egész test 18 pontjának elmozdulásaiból számolt entrópiát Csende és

munkatársai (2005). A csont-izomrendszer és az ideg-izomrendszer integrált funkciójaként megjelenő sportbeli ügyesség = rendezett működés számszerűen kifejezhető az entrópiával. Az entrópia és a sportteljesítmény között szignifikáns összefüggést írtak le világszínvonalú sportolók esetében.

Az edzés nemcsak fiziológiai alkalmazkodási folyamat, hanem tanulás is. Az entrópiát a tanulási folyamat „globális változója”-ként is értelmezik és a tanulás hatékonyságának kimutatására is használják (Cordier és mtsai 1993, 1994, Mitra és mtsai 1998, Perl 2000). Ennek alapján a nagyobb gyakorisággal edző tanulókról nagyobb testszerkezeti és funkcionális rendezettséget, vagyis alacsonyabb entrópia-értékeket tételezhetünk fel.

A testnevelési osztályokba járó (GT) és a nem tagozatos iskolai testnevelésben résztvevő leányok (GN) statisztikai entrópia értékeinek összevetése nem igazolta várakozásunkat (1. táblázat).

1. táblázat. A statisztikai entrópiák összehasonlítása.
Table 1. Comparison of statistical entropies.

	GT átlag	SD	GN átlag	SD	p
Emorf	-14,9976	0,2783	-15,4195	0,4240	<5%
Emot	-10,4810	0,3622	-10,5164	0,3051	NS
Esum	-25,4787	0,4840	-25,9359	0,6020	<5%

GT: testnevelési osztályos leányok – girls of elevated level PE classes; GN: normál iskolai testnevelésben részt vevő leányok – girls of average level PE classes; SD: szórás – standard deviation, P: a t-próba valószínűsége – probability of random error; Emorf: a testi jellemzőkből számolt entrópia – entropy for the physical dimensions of the body; Emot: a fizikai teljesítményekből számolt entrópia – entropy for the motor performances; Esum: a rendszer entrópiája – entropy for the system as a whole; NS: az átlagok különbsége nem szignifikáns – non-significant

A gyermekek testi fejlődését, a morfológiai jellemzőik változását és az „edzések” hatására bekövetkező feltételezett teljesítmény-változásokat együttesen magában foglaló rendezettségi mutató (Esum) szignifikánsan kisebb értéket mutatott a nem tagozatos iskolai testnevelésben résztvevőknél, azaz fejlődésük rendezettebbnek ítéltető.

A morfológiai alkat jellemzőire és a motorikus tulajdonságokra külön kiszámolt entrópia-értékek is ugyanezt mutatták. Bár a testméretek száma korlátozott volt, a GN csoportba tartozó leányok fejlődése volt rendezettebb, szabályozottabb a vizsgált időintervallum alatt, pedig a csoporton belüli interindividuais eltérések nagyobbak voltak. Az entrópia alapján a fizikai teljesítmények változása is ebben a csoportban tűnt egyenletesebbnek, de a GT csoporthoz viszonyított különbség nem volt szignifikáns. A GT csoportban voltak már ebben a korban is versenyző tanulók, ezért ebben az egy rendezettségi mutatóban a GT csoport a nagyobb variabilitású. Ezt jól magyarázza a sportolás szempontjából tehetségesnek tartott gyermekek korai specializálódása: feltehetően épp az ebben mutatott jobb teljesítményeik miatt válogatták őket a testnevelési osztályba.

A GT csoportba tartozó vizsgáltjaink ugyan nem gyakorlott vagy éppen világszínvonalú felnőtt sportolók voltak, de a GN csoporthoz viszonyítva két és félszer több aktivitás következében, ami négy éves rendszeres foglalkozást jelentett, már elvárható lett volna, hogy felülmúlják átlagos aktivitást mutató társaikat, akik számára a heti két testnevelési óra semmilyen adaptációt nem eredményezhet (Frenkl és mtsai 1998). Véleményünk szerint ez nem csupán mintánkra jellemző.

Annak ellenére, hogy Lai és munkatársai (2005) szerint az entrópia-analízis az elemzett mozgások pályagörbéinek olyan jellegzetességeit is megmutatta, amelyeket a hagyományos, eloszlási és variabilitási elemzések nem derítenek fel, változónkénti mérés-ismétléses variancia analízissel igyekeztünk az irodalmi adatokkal ellentétes eredményeink okait feltárni.

Ennek eredményei szerint testmagasságban nem különbözött a GT és GN csoport egyetlen mérési alkalommal sem, természetesen a leányok a mérések között eltelt időtartam alatt mindkét csoportban szignifikánsan magasabbak lettek. A testnevelési osztályokba kiválasztottak csoportjának alacsonyabb termete meglepőnek tűnhet, de a GN csoport szignifikánsan nagyobb testtömege, főleg pedig nagyobb relatív zsírtömege, ill. a relatív zsírtömeg és testmagasság több munkacsoport (Georgiou és mtsai 2002, Ihász 2003, Mészáros és mtsai 2003, Völgyi és mtsai 2003) által leírt lineáris korrelációja magyarázhatja az eltérést. A statisztikailag nem szignifikáns, 2–3 cm-es termetkülönbség azonban humánbiológiai szempontból figyelemre méltó.

A testtömeg alapján az adatgyűjtési periódus egészében szignifikáns különbség volt a csoportok között. A testmagassághoz hasonlóan, a mérési alkalmak közötti tömeggyarapodás is következetes és szignifikáns volt. A GN tanulóinak tömegnövekedési üteme fokozottabb volt a másik csoporthoz viszonyítva. Budapesti, ugyancsak fizikailag aktív és nem aktív leányok követéses vizsgálata során, 7 és 10 éves kor között Faludi (2003) nem talált eltérést a két csoport között, viszont a nem aktívak serdülést megelőző szórás-növekedése megegyezett a jelen és a Faludi-féle mintában. A plasztikus index csoportok közötti, valamennyi mérési időpontban tapasztalt különbözősége és korfüggő változása is mindkét csoport esetében szignifikáns volt. A homogénebb (valamennyi mérési alkalommal szignifikánsan kisebb varianciájú) GT csoport abszolút PLX átlagai alacsonyabbak voltak (2. táblázat).

Meglepő módon, mivel a GT csoport szelektált minta, a PLX-nek a testmagassághoz viszonyított értékével jellemzett mozgatórendszeri fejlettség – az első adatfelvételt kivéve – valamennyi alkalommal szignifikánsan elmaradt a GN csoportétól.

Más trendet követett a törzs kerekdedségét mutató MIX. Ebben a GT csoport átlagainak idősora egyre leptomorfabb alkatra utalt, a GN csoportba tartozó leányok viszont nagyon csekély mértékű leptomorfabb fázis után, a serdüléshez közeledve egyre piknomorfabbá váltak. A csoportok közötti különbözőség az első adatfelvétel kivételével szignifikáns volt, a csoportokon belüli félévenkénti változások viszont nem (1. ábra).

A relatív zsírtömeg mindkét csoportban nagyon hasonlóan változott mennyiségében és irányában is a mérési periódus alatt. A csoportok között szignifikáns eltérés volt valamennyi adatfelvételnél. A csoportokon belüli eltérések nem következetesek, a GT csoportban eggyel kevesebb mérés-intervallumban nőtt lényegesen a relatív zsírtömeg (2. ábra).

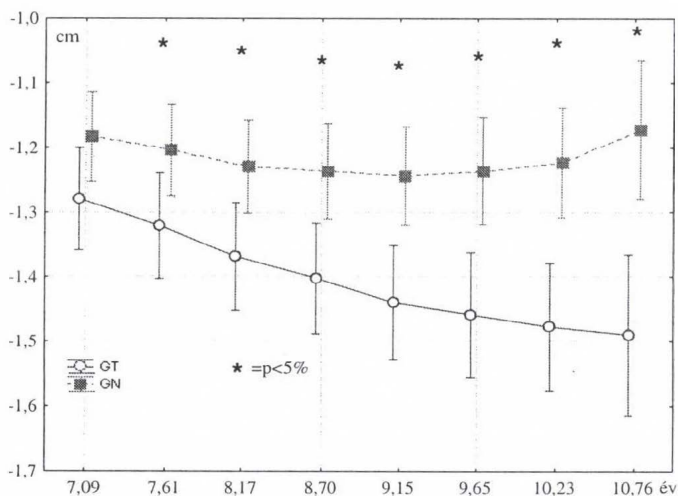
Az egyébként mérsékeltnek minősíthető fizikai teljesítményekben (Ng és mtsai 2006) – érthető módon – „jobbak” voltak a GT csoport tanulói. A futógyorsaságban szignifikáns különbség volt a csoportok között valamennyi adatfelvételnél. A csoportokon belüli eredményjavulás viszont nem következetes, érdekes módon épp a GT csoportban – igaz, itt is csak eggyel – kevesebb a mérés-intervallumonkénti szignifikáns javulás (3. ábra).

A helyből távolugrásban a GT csoport valamennyi alkalommal szignifikánsan jobb teljesítményt nyújtott. A testnevelési osztályosok feltehetően jobb koordinációja mellett a GN csoport leányainak nagyobb tömege és relatív zsírtömege is indokolja ezt a különbséget. Az eredményjavulás viszont a GT csoportban csupán csak két intervallumban, míg a GN-ben három esetben volt statisztikailag jelentős (4. ábra).

2. táblázat. A testméretek alakulása a mérési periódus során (átlag, szórás).
 Table 2. Development of body dimensions with age (means and standard deviations).

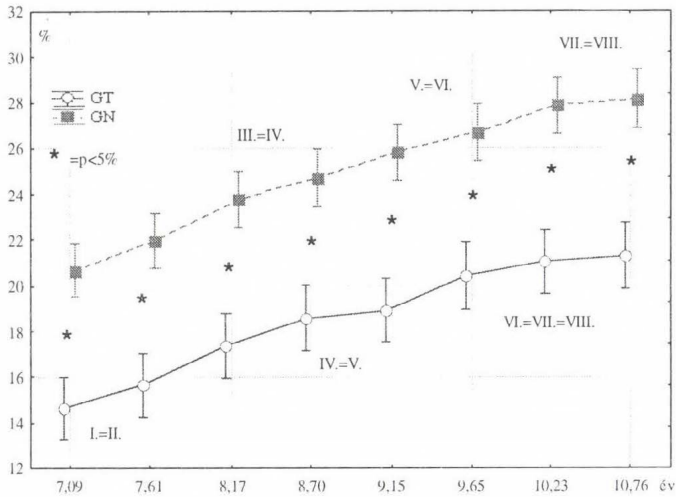
DCK		TTM			TTS			PLX		
GT	GN	GT	GN	p	GT	GN	p	GT	GN	p
7,12	7,07	123,82	125,62	NS	22,04	26,55	<5%	57,85	59,94	<5%
0,20	0,20	4,99	5,56		3,07	6,86		2,88	4,10	
7,64	7,59	126,72	128,68	NS	23,85	29,17	<5%	59,25	61,53	<5%
0,20	0,20	5,22	5,72		3,23	7,55		2,87	4,16	
8,20	8,15	129,78	131,84	NS	25,91	32,34	<5%	60,65	63,34	<5%
0,20	0,22	5,50	6,03		3,75	8,72		2,99	4,42	
8,73	8,67	132,20	134,58	NS	27,92	35,06	<5%	62,10	65,04	<5%
0,21	0,22	5,59	6,39		4,03	9,49		3,21	4,62	
9,20	9,11	134,90	137,47	NS	29,51	37,69	<5%	63,04	66,21	<5%
0,21	0,25	5,99	6,68		4,59	10,38		3,10	4,58	
9,69	9,62	137,87	140,81	NS	31,50	40,11	<5%	64,65	67,65	<5%
0,20	0,24	6,36	6,96		4,63	11,20		3,20	4,82	
10,26	10,21	141,74	144,34	NS	33,49	42,81	<5%	66,44	69,55	<5%
0,20	0,26	6,34	7,14		5,03	11,75		3,39	4,93	
10,79	10,74	144,88	147,98	NS	35,50	45,30	<5%	68,14	71,37	<5%
0,20	0,20	6,48	7,61		5,41	12,36		3,54	5,08	
		p<5%	p<5%		p<5%	p<5%		p<5%	p<5%	
		1<2<3<4	1<2<3<4		1<2<3<4	1<2<3<4		1<2<3<4	1<2<3<4	
		<5<6<7<8	<5<6<7<8		<5<6<7<8	<5<6<7<8		<5<6<7<8	<5<6<7<8	

DCK: a naptári életkor decimális rendszerben (év) – age in decimal (yr); TTM: testmagasság – height (cm); TTS: testtömeg – body mass (kg); PLX: plasztikus index – plastic index (cm), GT, GN, NS: lásd 1. táblázat – as in Table 1; p: az F-próba valószínűsége – probability of random error in the F-test; <2<...: az egymást követő átlagok különbsége szignifikáns – significant difference between successive means



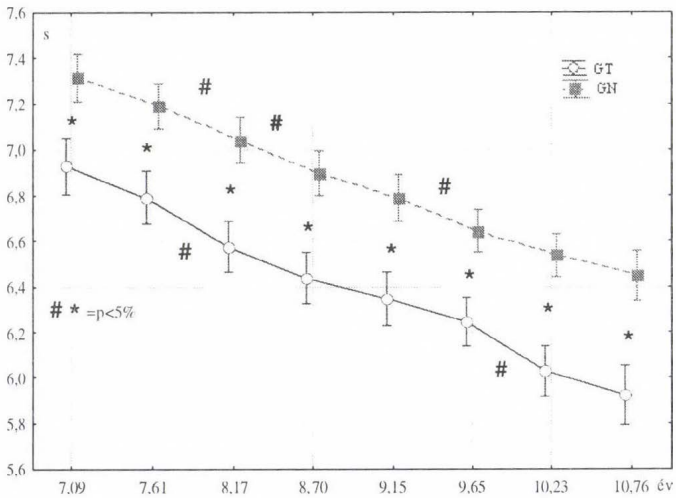
1. ábra: A metrikus index alakulása. (GT: testnevelési osztályos leányok, GN: nem testnevelési osztályos leányok, *: a csoportátlagok különbsége szignifikáns.)

Figure 1: The change of the metric index with age. (GT: girls of elevated level PE classes; GN: girls of average level PE classes; the asterisk denotes a significant inter-group difference.)



2. ábra: A relatív zsírtömeg alakulása. (Jelölések mint az 1. ábrán; I=II,...: a csoport egymást követő átlagainak különbsége nem szignifikáns.)

Figure 2: The change of relative fat mass with age. (Symbols as in Fig. 1; I=II, etc.: non-significant difference between successive means of the group.)

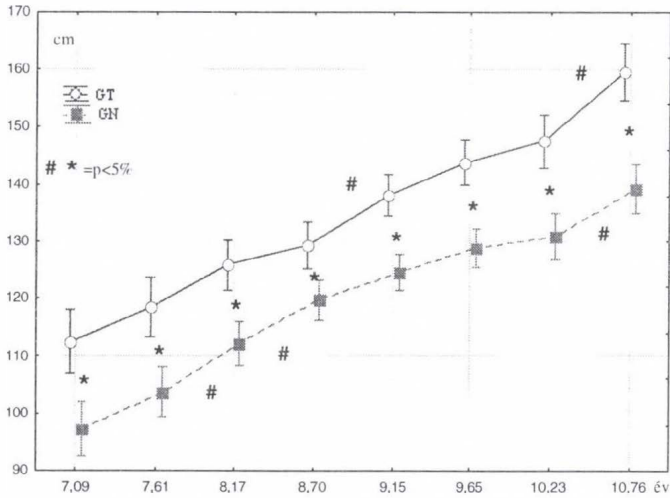


3. ábra: A 30 m-es futás eredményeinek alakulása. (Jelölések: mint az 1. ábrán; #: a csoport egymást követő átlagainak különbsége szignifikáns.)

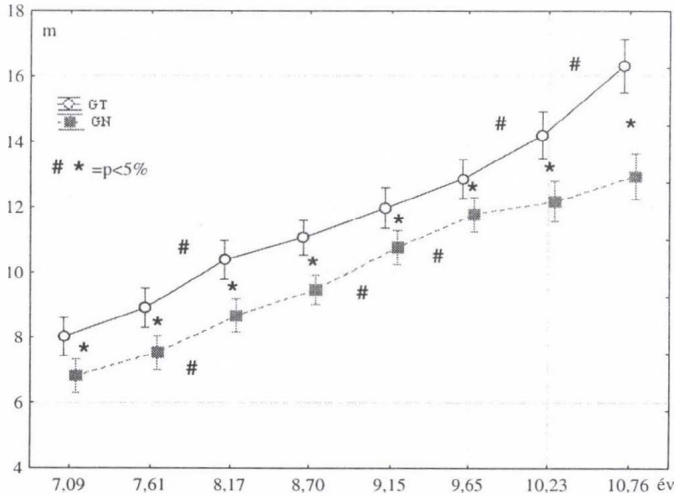
Figure 3: The change of performance with age in the 30m dash. (Symbols as in Fig. 1; the hash mark denotes a significant difference between the successive means of the group.)

A vizsgáltjaink életkorában inkább koordinációs feladatot jelentő, viszont gyakorlottságot igénylő kislabda-hajításban is következetesen jobb eredményt produkáltak a testnevelési osztályos leányok. A csoportokon belüli fejlődés gyakoriságban megegyezett, három-három intervallumban tapasztaltunk szignifikáns javulást (5. ábra).

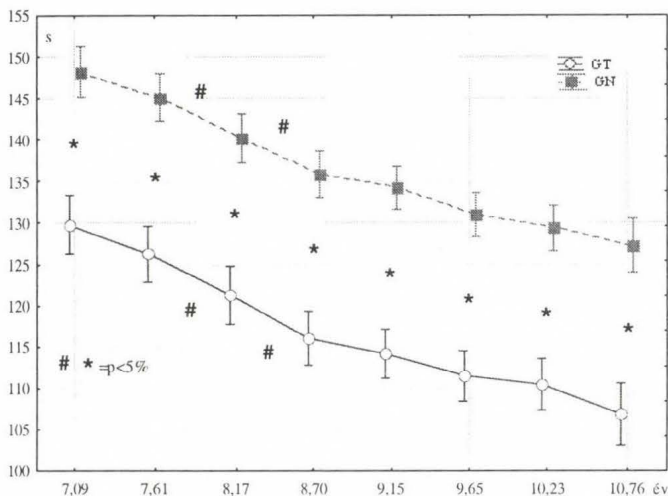
A talán legfontosabb fizikai teljesítményben, a keringési jellegű állóképességet becsülő 400 m futásban is az eddigieknek megfelelő eredményeket regisztráltunk. A GT csoport szignifikánsan jobb átlagértékeket mutatott minden alkalommal. A fejlődési tendencia teljesen azonos volt a két csoportnál, sajnálatos módon edzéshatásról itt sem beszélhetünk. A GT csoport négyéves „edzésperiódusa” nem növelte a két csoport közötti kezdeti teljesítménydifferenciát (6. ábra)!



4. ábra: A helyből távolugrás eredményeinek alakulása. (Jelölések: mint a 3. ábrán.)
 Figure 4: The change of performance with age in the standing broad jump. (Symbols as in Fig. 3.)



5. ábra: A kislabdahajítás eredményeinek alakulása. (Jelölések: mint a 3. ábrán.)
 Figure 5: The change of performance with age in the fistball throw. (Symbols as in Fig. 3.)



6. ábra: A 400 m-es futás eredményeinek alakulása. (Jelölések: mint a 3. ábrán.)
 Figure 6: The change of performance with age in the 400m run. (Symbols as in Fig. 3.)

A változónkénti elemzés alapján az tűnhetne logikus magyarázatnak, hogy a fizikai teljesítményekből számolt statisztikai entrópia azért mutatott nagyobb rendezettséget, mert a GN csoport teljesítményeinek kisebb átlagaihoz kisebb szórásértékek tartoztak. Ennek viszont ellentmondanak a testi jellemzők, ahol a GT csoport mutatott minden változóban egyöntetűen nagyobb homogenitást.

A morfológiai jellemzők közül az F%, a motorikus próbáknál a vágtafutás és a helyből távolugrás esetében tapasztaltuk, hogy a csoportokon belüli, mérés-intervallumonkénti szignifikáns javulások száma eggyel kevesebb volt a GT csoportnál. Ez azt jelenti, hogy a korfüggő és rendezettnek ítéhető, minden intervallumban szignifikáns testi fejlődést nem kísérte hasonló fizikai teljesítménybeli javulás, ráadásul épp a GT csoportban volt kevesebb ilyen. A testnevelési osztályok inergyakorisága és foglalkoztatás-terjedelme mellett a félévenkénti szignifikáns teljesítményjavulás reális elvárás lenne. Ugyanígy az is, hogy az edzések hatására a GT csoport mutasson nagyobb fejlődést vagy gyakoribb jelét a véletlen hatások mérséklődésének.

Mint említettük, a változónkénti elemzésre azért kényszerültünk, hogy felfedhessük az integrált paraméter alapján megfogalmazott hipotézisünk kényszerű elutasításának okát.

A GT csoportnál tapasztalt kevesebb szignifikáns javulást tartjuk az igazi indoknak az Esum és Emot átlagainak viszonyára, viszont az Emorf-ra nem találtunk megnyugtató magyarázatot. Az F%-ban tapasztalt egyetlen, a GT csoport javára írható különbség (2. ábra) ezt kétségessé teszi. Hangsúlyozzuk, hogy az összehasonlított csoportok relatív zsírtömegbeli különbsége nagy, a testnevelési tagozatosok csak a vizsgálati periódus végére érték el a GN csoport kezdeti F% átlagát.

Mindegyik fizikai teljesítmény mindkét csoportban szinte azonos, szignifikáns összefüggést ($r=0,98-0,99$) mutat az életkorral, ami alátámasztja ezen életszakaszban a lineáris változások feltételezését és az entrópia használatának jogosságát. Ezt azért tartjuk fontosnak, mert ellenkező esetben más statisztikai apparátus (Bandt és Pompe 2002, Efstathiou és mtsai 2001) használata lett volna indokolt a rendszerek jellemzésére. A regressziós egyenesek meredeksége nem különbözik, tehát a GT és GN csoport fejlődése

a gyakoriság szerint is jelentős aktivitásbeli különbözőség ellenére azonos, a GT csoportnál valódi edzéshatás nem volt kimutatható. Malina (2007) tapasztalatai szerint is a fizikai teljesítmények edzéshatások nélküli változása elsősorban a testi fejlődés függvényeként értelmezhető.

Következtetések

A prepubertáskorú leányok rendezettebb rendszerű változásában a GN csoport javára kimutatott különbséget csak a mérés-intervallumonkénti szignifikáns testi fejlődéshez társuló, lényeges fizikai teljesítményjavulások számával magyarázhatjuk. Az entrópiával jellemzett komplex fejlődésük kedvezőbb képet mutat, mint az aktív GT csoporté. Eredményeinket, megállapításainkat egyértelműen, csak és kizárólag a vizsgált mintára tartjuk érvényesnek!

Az entrópia értékek alakulásának okait a hagyományos, változónkénti elemzéssel próbáltuk meg feltárni, s egyúttal igyekeztünk némi magyarázatot is adni az irodalommal ellenkező eredményeinkről.

A testnevelési osztályokba való felvétel nem mindig történik objektív alapokon. Ehhez járul még, hogy a „sportra” való alkalmasság helyett valamely, már üzőtt sportágban való jártasság elegendő, hogy tehetségesnek ítéljenek valakit. A képzési programok sem igazán felelnek meg az életkornak. Korai specializálódás helyett helyesebb az általános megalapozásra törekvő, a szenzibilis időszakokat figyelembe vevő elv és gyakorlat. Ezt bizonyítják vizsgálatunk eredményei is, hisz csupán a testi fejlődéssel együtt járó teljesítménynövekedést regisztrálhattuk mindkét csoportnál: a mérési periódus kezdetén meglévő – a szelekció eredményeként létrejött – különbségek állandósultak. A heti öt sportfoglalkozás és a négy év képzés szinte nyomtalan maradt, tehát nem a rendezettséget, szabályozottságot, komplexitást kifejező statisztikai entrópia alkalmasságát kérdőjelezzük meg, hanem a kiválasztás és a képzési rendszer alkalmatlanságát vélelmezzük!

Összefoglalás

A rendszeres fizikai aktivitásnak a testalkatra, testösszetételre és a fizikai teljesítményekre gyakorolt pozitív hatása nem vonható kétségbe. A mért jellemzők alapján az öröklöttség mellett az aktivitás és edzés által módosított struktúra és a mozgásteljesítmények következményes fejlődése külön-külön is leírható. A biológiai rendszerek komplexitásának „mérésére” viszont egyre többen és többször használják a statisztikai entrópiát (Land és Elias 2005). Az entrópia segítségével sokféle fiziológiai folyamatot, sőt mozgásos teljesítményt elemeztek már – pl. DNS-szekvenciát, szívfrekvenciát (Costa 2005, Lake és mtsai 2002), légzést (Burioka és mtsai 2003), vérnyomást (Kuusela és mtsai 2002), falmászók specifikus teljesítményét (Boschker és Bakker 2002), járást (Costa és mtsai 2003), célkövető mozgásokat (Lai és mtsai 2005) –, de a működés rendezettségi mutatóját csak egy-egy paraméter idősora alapján számolták ki.

Mi a vizsgált rendszer többféle jellemzőjéből számoltuk ki az entrópiát, hogy a rendszer „egészét” egyetlen integrált, diagnosztikus paraméterrel (Zsidegh 2000) minősíthessük. Vizsgálatunkban 58 testnevelési osztályos (GT) és 78 általános tantervű iskolai osztályba járó (GN) leány vett részt; a nyolc adatfelvételre félévenként került sor. A longitudinális vizsgálat kezdetekor a tanulók életkor-átlaga 7,09 év volt. A rendszer entrópiájának kiszámításához a testmagasság, testtömeg, a metrikus és plasztikus index,

valamint a relatív zsírtömeg (F%) mellett négy fizikai teljesítmény adatait használtuk fel (30 m-es futás, helyből távolugrás, kislabda-hajítás és 400 m-es futás, Szabó 1977).

Azt a feltevésünket, hogy a GT csoport fejlődése rendezettségben felülmúlja a GN csoportét, a használt modell elemzése nem igazolta. Az entrópia-értékek összehasonlítása a GN csoportnál mutatott szignifikánsan kisebb rendezetlenséget a rendszer egészére (Esum) és a testi jellemzőkből számolt (Emorf) értékekre is. A fizikai teljesítmények entrópiájában (Emot) ugyan nem volt jelentős különbség, de a GN leányok fejlődése volt rendezettebb. A kisebb entrópia értékek tehát e csoport komplex fejlődésében mutattak kiegyensúlyozottabb testméreti változásokat és ezeknek jobban megfelelő teljesítményfejlődést.

Mivel a modell illeszkedését nem sikerült alátámasztani, hagyományos, változónkénti elemzéssel kíséreltük meg feltárni az okokat. A testmagasság és a metrikus index kivételével a két csoport növekedése szignifikánsan különbözött, sőt a csoportokon belüli korfüggő változások is szignifikánsak voltak. A fizikai teljesítményekben is volt a csoportok között statisztikailag értékelhető eltérés, de a GT csoportban kevesebb volt a mérés-intervallumonkénti szignifikáns különbség. Ez lehet a mozgáspróbák (Emot) és az egész rendszer (Esum) kedvezőbb entrópiájának hátterében a GN csoportnál, hiszen a szignifikáns morfológiai változásoktól ugyancsak szignifikáns teljesítményjavulás várható el. Az alkati entrópia (Emorf) szignifikáns különbségét nem magyarázza meg kielégítően az F%-nál tapasztalt egyetlen különbség. A mért változók korfüggése – a metrikus index kivételével – minden esetben szignifikáns ($r=0,98-0,99$) volt, a regressziós egyenesek meredeksége sem különbözött, tehát a GT csoport teljesítményjavulása egyetlen próbában sem haladta meg a mérési periódus kezdetén, a szelekció következményeként regisztrált különbséget.

A változónkénti elemzés alapján a GT csoportnál nem volt igazolható az átlagos biológiai fejlődést meghaladó fizikai teljesítményjavulás, azaz edzéshatásról nem beszélhetünk. Ez egyrészt magyarázat lehet arra, miért mondtak ellent az eredmények kiinduló feltevésünknek, másrészt viszont a testnevelési osztályokba történő szelekció szubjektivitására és a képzési rendszer problematikus hatékonyságára is rávilágít.

Irodalom

- Bandt, C., Pompe, B. (2002): Permutation entropy: a natural complexity measure for time series. *Phys. Rev. Lett.*, 88(17): 41–102.
- Boschker, M.S.J., Bakker, F.C. (2002): Observational learning by inexperienced sport climbers. *Perceptual and Motor Skills*, 95: 3–9.
- Burioka, N., Cornelissen, G., Halberg, F., Kaplan, D.T., Suyama, H., Sako, T., Shimizu, E. (2003): Approximate entropy of human respiratory movement during eye-closed waking and different sleep stages. *Chest*, 123: 80–86.
- Cavanaugh, J.T., Guskiewicz, K.M., Giuliani, C., Marshall, S., Mercer, V., Stergiou, N. (2005): Detecting altered postural control after cerebral concussion in athletes with normal postural stability. *British Journal of Sports Medicine*, 39: 805–811.
- Conrad, K. (1963): *Der Konstitutionstypus*. Springer Verlag, Berlin.
- Cordier, P., Mendès France, M., Bolon, P., Pailhous, J. (1993): Entropy, degrees of free-dom, and free climbing: A thermodynamic study of a complex behavior based on trajectory analysis. *International Journal of Sport Psychology*, 24: 370–378.
- Cordier, P., Mendès France, M., Pailhous, J., Bolon, P. (1994): Entropy as a global variable of the learning process. *Human Movement Science*, 13: 745–763.
- Costa, M., Goldberger, A.L., Peng, C.K. (2005): Multiscale entropy analysis of biological signals. *Physical Review E*, 71.

- Costa, M., Peng, C.K., Goldberger, A.L., Hausdorff, J.M. (2003): Multiscale entropy analysis of human gait dynamics. *Physica A*, 330: 53–60.
- Cover, T.M., Thomas, J.A. (1991): *Elements of information theory*. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.
- Csende, Zs., Mészáros, Zs., Völgyi, E. (2005): Relationship between skill entropy classification and motor performance. *Clinical Neuroscience*, 58(S1): 1–23.
- Efstathiou, J., Kariuki, S., Huatuco, L.H., Sivadasan, S., Calinescu, A. (2001): The relationship between information-theoretic and chaos-theoretic measures of the complexity of manufacturing systems. <http://www.robots.ox.uk/~manu/sys/ncmr2001%20janet%20stella.pdf>
- Faludi, J. (2003): *Prepubertás koru gyermekek testösszetételének, testi fejlettségének, valamint állóképességi teljesítményének változása az életmód függvényében*. PhD Értekezés. ELTE TTK.
- Frenkl, R., Mészáros, J., Petrekanits, M., Farkas, A., Mohácsi, J., Szabó, T. (1998): Aerobic power and anthropometric characteristics of Hungarian schoolboys. *Human Evolution*, 13: 97–105.
- Georgiou, M., Tatár, A., Lee, C.P., Mészáros, J. (2002): Growth type, somatotype and motor performance in 10 and 11-year-old Cypriot boys. XXVII. *FIMS World Congress of Sports Medicine, Abstracts*, Budapest, 99.
- Ihara, S. (1993): *Information theory for continuous systems*. World Scientific. River Edge, NY.
- Iház, F. (2003): *Egészségmegőrzési, egészségnevelési programok hatásvizsgálata Győr városi felmérés alapján*. PhD Értekezés, Semmelweis Egyetem, Budapest.
- Kuusela, T.A., Jartti, T.T., Tahvanainen K.U.O., Kaila, T.J. (2002): Non-linear methods of biosignal analysis in assessing terbutaline-induced heart rate and blood pressure changes. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, 282: 773–778.
- Lai, S.-C., Mazer-Kress, G., Sosnoff, J.J., Newell, K.M. (2005): Information entropy analysis of discrete aiming movements. *Acta Psychologica*, 119: 283–304.
- Lake, D.E., Richman, J.S., Griffin, M.P., Moorman J.R. (2002): Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 283(3): 789–797.
- Land, B., Elias, D. (2005): Measuring the „complexity” of a time series. <http://www.nbb.cornell.edu/neurobio/land/PROJECTS/Complexity/index.html>
- Malina, R. (2007): Physical fitness of children and adolescents in the United States: Status and secular change. In: Tomkinson, G.R., Olds, T.S. (Eds) *Pediatric fitness. Secular trends and geographic variability*. Karger, Basel, 67–90.
- Mészáros, J., Zsidedg, M., Tatár, A., Völgyi, E., Prókai, A., Vajda, I., Mohácsi, J. (2003): Testzsírtartalom és szomatikus fejlődés. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 3: 26.
- Mitra, S., Amazeen, P.G., Turvey, M.T. (1998): Intermediate motor learning as decreasing active (dynamical) degrees of freedom. *Human Movement Science*, 17: 17–65.
- Ng, N., Mészáros, J., Mészáros, Zs., Photiou, A., Sziva, Á., Prókai, A., Vajda, I. (2006): Comparison of somatic and motor development in normal and overweight Hungarian elementary schoolboys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77: A20–A21.
- Parízková, J. (1961): Total body fat and skinfold thickness in children. *Metabolism*, 10: 794–807.
- Perl, J. (2000): *Antagonistic adaptation systems: An example of how to improve understanding and simulating complex system behaviour by use of meta-models and on-line-simulation*. Conference Report at IMACS, Lausanne. 87–92.
- Pijpers, J.R., Bakker, F.C., Oudejans, R.R.D., Boschker, M.S.C. (2001): Anxiety and fluency of movements in climbing. In: Papaioannou, A., Goudas, M., Theodorakis, Y. (Eds) *In the dawn of the new millennium: International Society of Sport Psychology*, 10th World Congress of Sport Psychology. Vol. 1. 133–135. Skiathos, Greece.
- Pijpers, J.R., Oudejans, R.R.D., Holsheimer, F., Bakker, F.C. (2003): Anxiety- performance relationship in climbing: a process-oriented approach. *Psychol. Sport Exercis.*, 4(3): 283–304.
- Pincus, S.M., Gladstone, I.M., Ehrenkranz, R.A. (1991): A regularity statistic for medical data analysis. *J. Clin. Monit.* 7(4): 335–345.
- Pincus, S.M., Goldberger, A.L. (1994): Physiological time-series analysis: What does regularity quantify? *Am. J. Physiol.*, 266: 1643–56.
- Rangel, J.A.O. (2005): The Systemic theory of living systems and relevance to CAM: The theory (Part II), eCam. 1–9. www.ecam.oxfordjournal.org.

- Shannon, C.E., Weaver, W. (1949): *The mathematical theory of communication*. Wiley, New York.
- Singh, D.V. (1998): Thermodynamics and biology. *Pure Appl. Chem.*, 70(3): 579–582.
- Szabó, T. (1977): A Központi Sportiskola kiválasztási rendszere I. Az általános próbák tapasztalatai. Utánpótlás-nevelés, 2. KSI. Budapest. 3–54.
- Szmodis, I., Mészáros, J., Szabó, T. (1976) Alkati és működési mutatók kapcsolata gyermek-, serdülő- és ifjúkorban. *Testnevelés- és Sportegészségügyi Szemle*, 17(4): 255–272.
- Udgaonkar, J.B. (2001): Entropy in Biology. *Resonance*, 9: 61–66.
- Völgyi, E., Kalla, L., Zsidegh, M., Prókai, A., Vajda, I., Mészáros, J. (2003): Kővér és sovány fiúk futóteljesítménye. In: Penszka, K., Korsós, Z., Pap, I. (Szerk.) *III. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium*, Magyar Biológiai Társaság, Budapest, 193–198.
- Weiner, J.E.S., Lourie, J.A. (1981, Eds): *Human biology. A guide to field methods*. Blackwell Sc. Pub.
- World Medical Association (1996): *Ethical principles for medical research involving human subjects*. WMA General Assembly, Sommerset West, RSA.
- Zsidegh, P. (2000): *Integrált diagnosztikai módszer kidolgozása spiroergometriai mérésekre*. Diplomadolgozat. BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar.

Levelezési cím: Zsidegh Miklós
Mailing address: Semmelweis Egyetem
 Testnevelési és Sporttudományi Kar
 Kommunikációs-Informatikai és Oktatástechnológiai Tanszék
 H-1123 Budapest
 Alkotás u 44.
 Hungary
 zsidegh@mail.hupe.hu