

TEPINGO TESTO IR EKG RODIKLIŲ SĄSAJŲ ANALIZĖ VERTINANT SPORTININKŲ ORGANIZMO FUNKCINES YPATYBES BEI TARPASMENINES SĄVEIKAS

Jonas Poderys¹, Alfonsas Vainoras², Zenonas Navickas³, Liepa Bikulčienė³

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno medicinos universitetas², Kauno technologijos universitetas³,
Kaunas, Lietuva

Jonas Poderys. Biomedicinos mokslų habilituotas daktaras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Lengvosios atletikos katedros profesorius, Kineziologijos laboratorijos mokslinis vadovas. Mokslinių tyrimų kryptis — sportuojančiųjų parengtumo ir funkcinės būklės kompleksinis vertinimas.

SANTRAUKA

Tarpasmeninė sąveika gali būti tiriama ir vertinama naudojant daugelį metodikų. Dažniausiai yra naudojama asmenų judėjimo detekcija ir aprašymas. Šia metodika gaunama informacija daugiau sietina su galutiniu rezultatu, tam tikro elgsenos modelio formavimu, tačiau mažai arba visai neparodo personalijų vidinių sąsajų.

Tyrimo tikslas — sukurti ir išbandyti laiko eilučių kointegracinės analizės metodą, kurį naudodami galėtume registruoti, aprašyti ir vertinti funkcinį rodiklių kaitos sąsajas ar tarpasmeninės sąveikos ypatybes.

Tiriamieji sveiki sportuojantys asmenys buvo išmokyti, kaip taisyklingai atlikti tepingo testą. Jie pasirinkta ranka daug kartų atliko klasikinį 40 s trukmės tepingo testą: 1 — po vieną; 2 — atlikdami kooperacinę užduotį — kiek galima daugiau sinchroniškų judesių su partneriu. Antro tyrimo metu registruota 12-ka standartinių EKG atvadų tiriamajam esant santykinės ramybės būsenos, pramankštos, maksimalaus išvermės krūvio metu, per pirmąsias tris atsigavimo minutes. EKG buvo registruojama nenutrūkstamai ir diskretizuojama 500 Hz dažniu. Kaip susijusias tarėme esant 2 skirtingas EKG derivacijas, registruotas sinchroniškai. Buvo analizuojama EKG intervalų RR, JT ir QRS komplekso kaitos reikšmės (dQRS).

Šiuo tyrimu pristatoma rodiklių sąsajos matematinio vertinimo metodika. Rezultatai parodė, kad laiko eilučių kointegracinės analizės metodu galima vertinti įvairių procesų, tarp jų ir tarpasmenines sąsajas ar organizmo funkcinį sistemų sąveiką laiko atžvilgiu, nagrinėti ją skirtingais fraktaliniiais lygiais. Jeigu sekos elementai artėja prie nulio, tai rodo, kad pasirinktos duomenų sekos panašėja, mažėja jų individualus informatyvumas, aprašoma vis labiau sąveikaujančių subjektų sistema.

Raktažodžiai: tarpasmeninė sąveika, elektrokardiogramos analizė, tepingo testas.

ĮVADAS

Naujų tyrimo metodų, tyrimo duomenų vertinimo būdų kūrimas ir tobulinimas yra nenutrūkstamas procesas. Nauji tyrimo duomenų analizės ir vertinimo metodai leidžia įvertinti organizmo fiziologinių mechanizmų sinerginės sąveikos ypatybes, kurios negali būti nusakomos įprastiniais euristiniais metodais. Vertinant didelio meistriškumo sportininkų organizmo adaptaciją prie staiga pasikeitusių geografinių ir

klimatinių sąlygų buvo pastebėta, kad organizmo funkcinį sistemų tarpusavio sąveikos vertinimas yra jautresnis ir tikslesnis nei vienas atskirai vertinamas nors ir reikšmingas funkcinis rodiklis (Poderys, 2007; Poderys et al., 2008). Kokius vertinimo metodus įvairių procesų sąveikai vertinti gali pasirinkti tyrėjas? Deja, tokių metodų nėra daug, juolab tinkančių nenutrūkstamai sekti dviejų procesų sąsajų kaitą (Navickas et al., 2005).

Dviejų ar kelių sportininkų bendradarbiavimas ir jų tarpusavio sąveika yra reikšmingas veiksnys, lemiantis sėkmę ar pralaimėjimą komandinių sporto šakų varžybose. Žinoma, kad vieni sportininkai varžybų aplinkoje geba reikšmingai padidinti savo darbingumą, o kitiems varžymasis yra didžiulė kliūtis, trukdanti realizuoti pratybose sukauptą patyrimą (Malinauskas, 2003). Tarpasmeninėms sąveikoms vertinti nėra sukurta daug metodų, ir šis vertinimas labai aktuali praktikos, mokslo problema. Tarpasmeninė sąveika gali būti tiriama ir vertinama daugeliu metodikų. Viena iš jų — tai žmonių judėjimo detekcija ir aprašymas. Šiomis metodikomis gaunama informacija daugiau sietina su pačiu galiniu rezultatu, tam tikro elgsenos modelio formavimu, visgi mažai arba visai neparodo personalijų vidinių sąsajų. Šio tyrimo tikslas — sukurti ir išbandyti laiko eilučių kointegracinės analizės metodą, kurį naudodami galėtume registruoti, aprašyti bei vertinti funkcinių rodiklių kaitos sąsajas ar tarpasmeninės sąveikos ypatybes.

METODIKA

Tiriamąjį kontingentą sudarė sveiki sportuojantys asmenys — Lietuvos kūno kultūros akademijos studentai ir Kauno miesto sportininkai (vyrai, $n = 12$).

Ukrainos mokslininkai A. M. Zelencovas, V. V. Lobanovskis (Зеленцов, Лобановский, 1998) pasiūlė iš esmės naują tepingo testo duomenų vertinimo metodiką, skirtą sportininkų CNS funkcinę būklę vertinti. Ši tepingo testo duomenų analizės ir vertinimo metodika taikoma vertinant sportuojančių asmenų funkcinę būklę rodiklius. Pirmo tyrimo metu tiriamieji buvo išmokyti, kaip taisyklingai atlikti tepingo testą. Jie pasirinkta ranka daug kartų atliko klasikinį 40 s trukmės tepingo testą: 1 — po vieną; 2 — atlikdami kooperacinę užduotį — kiek galima daugiau sinchroniškų judesių su partneriu. Kooperacinės užduoties metu tiriamieji kompiuterio ekrane besikeičiančio stulpelinio grafiko forma matė savo ir partnerio atliekamų judesių dažnio santykį ir atitinkamai galėjo derinti tarpusavio veiksmus. Judesių trukmė milisekundėmis buvo registruojama panaudojant kompiuterinę programą, sukurtą LKKA Kineziologijos laboratorijoje. Kompiuterinė programa užrašinėjo laiko intervalus tarp dviejų atskirų mygtuko spustelėjimų (piršto judesių periodo), ir šis atliktų judesių dažnis buvo panaudotas tiriamojo CNS funkcinę būklę bei tarpasmeninėms sąveikoms

vertinti. Funkcinę būklę vertinti buvo apskaičiuojami du klasikinio tepingo testo rodikliai: CNS funkcinis paslankumas — judesių dažnis testo pradžioje ir CNS funkcinis pastovumas — judesių dažnio palaikymas (nemažėjimas).

Antro tyrimo metu registruojama 12-ka standartinių EKG atvadų tiriamajam esant santykinės ramybės būsenos, pramankštos ir maksimalios ištvermės krūvio metu, per pirmąsias tris atsigavimo minutes. Fizinis krūvis buvo atliekamas tiriamiesiems minant veloergometro pedalus 60 aps. / min dažniu: mankšta — 50 W; sunkus fizinis krūvis skiriamas individualiai — 250 W arba 300 W. EKG buvo registruojama nenutrūkstamai ir diskretizuojama 500 Hz dažniu. Kaip susijusias tarėme esant 2 skirtingas EKG derivacijas, registruotas sinchroniškai. Buvo analizuojama EKG intervalų RR, JT ir QRS komplekso kaitos reikšmės (dQRS).

Pastabose apie matematinių metodų taikymo galimybes pateikiame vieną dviejų skaitmeninių laiko eilučių tyrimo metodiką, kai minėtų eilučių elementų reikšmės yra laikomos determinuotomis. Tuo tikslu buvo taikomi antros eilės matricių analizės metodai.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Matematiniais metodais vertinant tarpasmeninę sąveiką, pirmiausia būtina sudaryti dvi sinchroniškas skaitmenines laiko eilutes ($x_n; n = 0, 1, 2, \dots$ ir $y_n; n = 0, 1, 2, \dots$), kurios privalo reprezentuoti tiriamąjį objektą (čia x_n ir y_n — realūs skaičiai), pavyzdžiui, tepingo testo arba užregistruotų EKG rodiklių matavimų rezultatus.

Klasikiniai laiko eilučių matematiniai tyrimo metodai yra dvejopi: statistiniai ir analizės. Pirmieji metodai šiuo metu yra gerai išplėtoti ir taikomi tada, kai daroma principinė prielaida, kad tiriamųjų laiko eilučių elementai x_n ir y_n yra atsitiktiniai dydžiai. Antrieji — kada elementai x_n ir y_n yra laikomi determinuotais. Pastarieji metodai dar tik pradedami plėtoti. Jeigu skaitmeninė laiko eilutė (arba skaitmeninių laiko eilučių dvejetas) talpina kokią nors informaciją apie tiriamąjį objektą, tai ši informacija (jeigu tos eilutės tiriamos matematiniais metodais) būna išreikšta matematinių sąryšių būdu. Taigi gautuosius sąryšius būtina išmokti interpretuoti, juos adekvačiai siejant su tiriamo objekto ypatumais. Be abejo, tam reikalinga tiek eksperimentinių, tiek matematinių metodų taikymo patirtis.

I. Tarkime, turime dvi skaitmenines laiko eilutes — kintamų procesų pamatuotų reikšmių sekas (pavyzdys — 1 pav. ($x_n; n = 0, 1, 2, \dots$ ir $y_n; n = 0, 1, 2, \dots$)). Tada iš jų sudaroma matricinė laiko eilutė

$$(A_n; n = 0, 1, 2, \dots). \text{ Čia } A_n := \begin{bmatrix} a_n & b_n \\ c_n & d_n \end{bmatrix}.$$

Koeficientus a_n, b_n, c_n, d_n sudarome šitaip:

$$a_n := x_n, d_n := y_n, b_n := \alpha (x_n - y_{n-1}),$$

$$c_n := \beta (x_n - y_{n+1}),$$

kai parametrai α, β yra parenkami priklausomai nuo laiko eilučių ($x_n; n = 0, 1, 2, \dots$ ir $y_n; n = 0, 1, 2, \dots$) ypatumų. Taip gaunamos keturios skaitmeninės laiko eilutės ($a_n; n = 0, 1, 2, \dots$), ($d_n; n = 0, 1, 2, \dots$) ir viena matricių ($A_n; n = 0, 1, 2, \dots$). Savaime suprantama, kad šias eilutes galima sudaryti pasitelkiant ir kitokius matematinius sąryšius.

II. Gautas pirmąsias keturias skaitmenines eilutes galima tirti įvairiais tyrimo metodais. Matricinei laiko eilutei tirti panaudosime šias antros eilės matricių skaitmenines ypatybes ir matricių A_n esmines komponentes:

1. $\text{Tr}A_n := a_n + d_n$ (matricos A_n pėdsaku).
2. $\text{dfr}A_n := a_n - d_n$ (skirtumu).
3. $\text{cdp}A_n := b_n \cdot c_n$ (kodiagonaline sandauga).

$$4. B_n := \begin{bmatrix} \frac{\text{dfr}A_n}{2} & b_n \\ c_n & -\frac{\text{dfr}A_n}{2} \end{bmatrix} \text{ (matricos } A_n \text{ esmine komponente).}$$

Iš šių pradinių matricių A_n apibūdinančių parametrų galime gauti visas kitas taikomąją vertę turinčias charakteristikas:

5. $\text{dsk}A_n = (\text{dfr}A_n)^2 + 4\text{cdp}A_n$ (diskriminantą).
6. $\det A_n = \frac{1}{4}((\text{Tr}A_n)^2 - \text{dsk}A_n)$ (determinantą).
7. $\lambda_n = \frac{1}{2}(\text{Tr}A_n + \sqrt{\text{dsk}A_n})$ (matricos A_n I tikrinę reikšmę).
8. $\mu_n = \frac{1}{2}(\text{Tr}A_n - \sqrt{\text{dsk}A_n})$ (II tikrinę reikšmę) ir pan.

Gautos skaitinės reikšmės parodo įvairius sąryšius. Štai keletas tokių:

$$\lambda_n + \mu_n = \text{Tr}A_n; (\lambda_n - \mu_n)^2 = \text{dsk}A_n; \lambda_n \cdot \mu_n = \det A_n; (\lambda_n - \mu_n)^2 - (\text{dfr}A_n)^2 = 4\text{cdp}A_n;$$

$$\text{dfr}A_n = \text{dfr}B_n; \text{dsk}A_n = \text{dsk}B_n; A_n = \frac{1}{2}(\text{Tr}A_n)E + B_n; B_n^2 = \frac{\text{dsk}A_n}{4}E, \text{ kai } E := \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

III. Matricių analizės teorijoje išskiriamos dvi svarbios matricių rūšys.

I matrica vadinama idempotentu (pastovios galios matrica), jeigu $I^2 = I$, o N matricę — nulpotentu (matrica, netenkančia galios), jeigu

$$N^2 = 0, \text{ kai } 0 := \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Pavyzdžiui, esminė komponentė B_n yra nulpotentas, jei $\text{dsk}A_n = 0$, o matricos

$$I_n := \frac{1}{2}E + \frac{1}{\sqrt{\text{dsk}A_n}}B_n \text{ ir } E - I_n \text{ — idempotentai,}$$

jei tik $\text{dsk}A_n \neq 0$.

Be to, matricių A_n laipsnius A_n^α , kai α — bet koks realus skaičius, galima išreikšti šitaip:

$$1. A_n^\alpha = \lambda_n^\alpha I_n + \mu_n^\alpha (E - I_n) = \mu_n^\alpha E + (\lambda_n^\alpha - \mu_n^\alpha) I_n,$$

$$\text{dsk}A_n \neq 0, \lambda_n \neq \mu_n; \lambda_n, \mu_n \neq 0.$$

$$2. A_n^\alpha = \mu_n^\alpha \left(E + \frac{\alpha}{\mu_n} B_n \right), \text{ dsk}A_n = 0, \lambda_n = \mu_n, \mu_n \neq 0,$$

kai laipsnio rodiklis α ir skaliarinis dydis λ — bet kokie realūs skaičiai, o $A_n \neq \lambda E$.

Pirmuoju atveju matrica A_n vadinama idempotentine, antruoju — nulpotentine. Kai bent viena tikrinė reikšmė yra nulinė, t. y. $\det A_n = \lambda_n \cdot \mu_n = 0$, ir skaliarinėms matricoms $A_n = \lambda E$ matricos A_n laipsnių A_n^α išraiška nepateikiama.

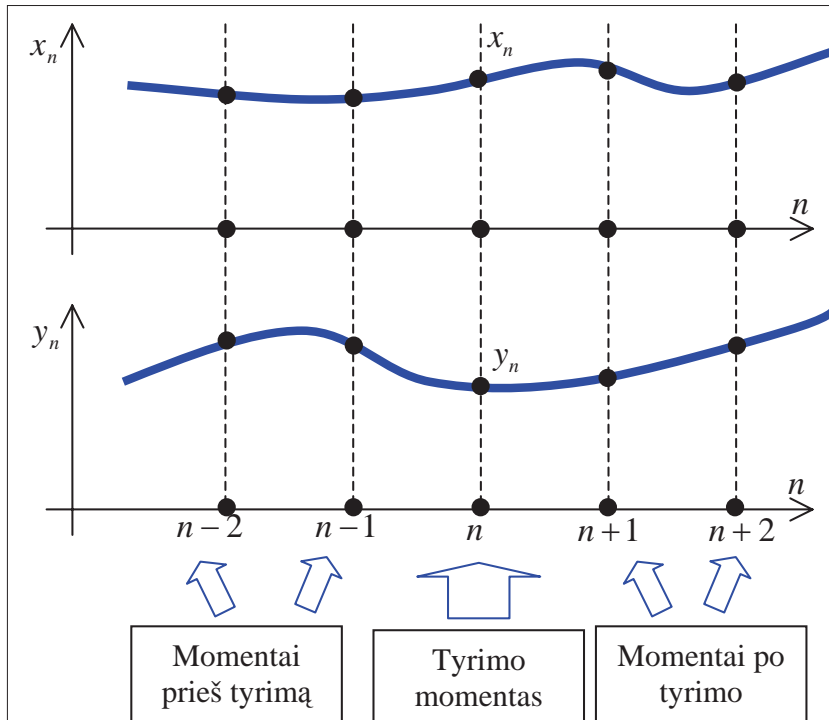
Tegul egzistuoja ribos $\text{dsk}A_n \rightarrow 0$, $b_n \rightarrow \bar{b}$, $c_n \rightarrow \bar{c}$, tenkinančios sąlygą $\bar{b} \cdot \bar{c} \leq 0$, tada

$$B_n \rightarrow \begin{bmatrix} \pm \sqrt{|\bar{b} \cdot \bar{c}|} & \bar{b} \\ \bar{c} & \pm \sqrt{|\bar{b} \cdot \bar{c}|} \end{bmatrix} := \bar{B}, \bar{B}^2 = 0$$

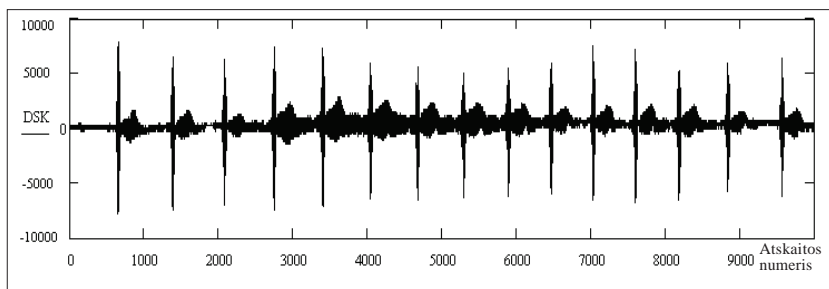
ir dar tinkami tokie ribiniai perėjimai:

$$|\lambda_n - \mu_n| \rightarrow 0, \sqrt{\text{dsk}A_n} \cdot I_n \rightarrow \bar{B}.$$

IV. Pateikti antros eilės matricių sąryšiai leidžia gan kokybiškai ištirti matricines laiko eilutes ($A_n; n = 0, 1, 2, \dots$). Pavyzdžiui, tyrimus galima atlikti šitaip. Iš anksčiau pateiktų sąryšių matyti, kad ypatingą reikšmę turi matricių A_n diskriminantai, todėl tikslinga sudaryti tokią skaitinę laiko eilutę ($\text{dsk}A_n; n = 0, 1, 2, \dots$) ir ją skyriumi ištirti, t. y. pabandyti surasti jos H rangą, žinoma, jeigu toks egzistuoja, surasti jos vardiklius ir pan. (Navickas, Bikulčienė, 2005).



1 pav. Vertinamų procesų pamatuotų reikšmių sekos formavimas kointegracijos procesui vertinti (paaiškinimai tekste)



2 pav. Synchroniškai registruotų dviejų EKG derivacijų matricos A_n diskriminantai

Pastaba. Paveiksle pateikiamas matricių A_n diskriminantų sekos $dskA_n$ grafinis vaizdas, kai parametrai $\alpha = \beta = 1$ apskaičiuoti iš synchroniškai registruotų dviejų derivacijų. Iš skaitinio tyrimo pastebėta, kad keičiant parametrus α, β šios sekos ypatybės išlieka, keičiasi tik amplitudė.

Čia pravartu žinoti tokią matricių A_n diskriminantų invariantinę (pastovumo) savybę. Tegul T bet kokia antros eilės matrica, kurios $\det T \neq 0$. Tada ji turi atvirkštinę matricę T^{-1} ir toks sąryšis yra teisingas: $dsk(TA_nT^{-1}) = dskA_n$, t. y. į matricę A_n panašių matricių TA_nT^{-1} diskriminantai yra tokie patys kaip ir matricos A_n . Be to, dar ir $\text{Tr}(TA_nT^{-1}) = \text{Tr}A_n$ ir $\det(TA_nT^{-1}) = \det A_n$.

Tikslinga pastebėti ir tai: jeigu matricių A_n diskriminantai artėja prie nulio, tai matricos A_n iš idempotentinių matricių virsta nulpotentinėmis. Vadinasi, duotosios dvi laiko eilutės ($x_n; n = 0, 1, 2, \dots$ ir $y_n; n = 0, 1, 2, \dots$) panašėja, mažėja jų individualus informatyvumas, ir tai reiškia, kad jos aprašo vis labiau sąveikaujančią interpersonalinę dviejų subjektų sistemą.

Paskui galima sudaryti idempotentinę matricių seką $\sqrt{dskA_n} \cdot I_n; n = 0, 1, 2, \dots$ (tuo atveju, kai $dskA_n = 0$, vietoj I_n įrašome B_n). Iš pastarosios sekos matyti, kaip evoliucionuoja matricinė seka ($A_n; n = 0, 1, 2, \dots$). Pavyzdys pateiktas 2 paveiksle.

Skaičiuojant tikruosius ir pašalinius eilutės duomenis, tikslinga pasirinkti $dskA_n \neq 0$, kai

tikroji matricos A determinanto reikšmė pasidaro mažesnė už pasirinkto teigiamo dydžio ε reikšmę.

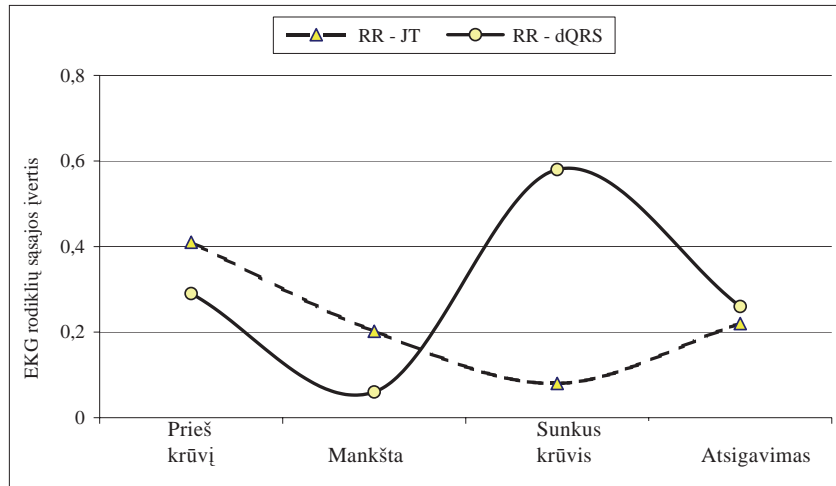
Sukurto matematinio vertinimo taikymas parodė, kad galima naudoti patį paprasčiausią matricių sudarymo atvejį, normuoti ir vidurkinti pradinius duomenis. Normuojant buvo panaudota formulė:

$$x_{\text{nauja reikšmė}} = \frac{x_{\text{sena reikšmė}} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

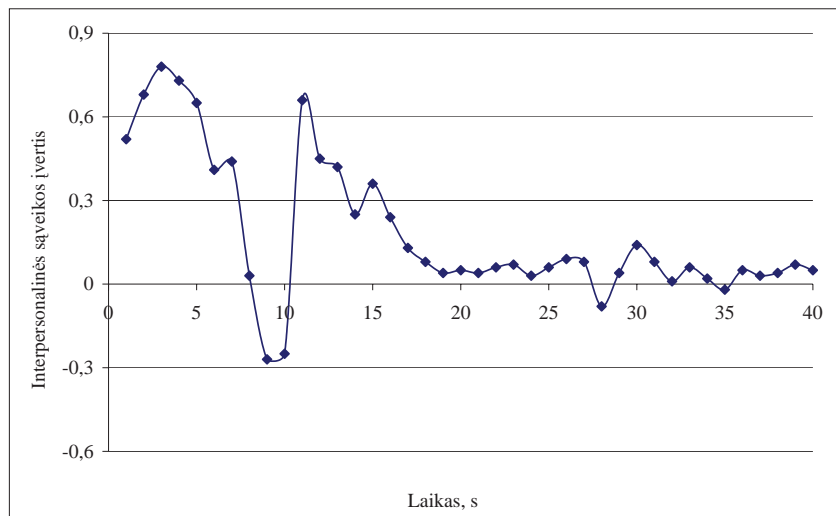
čia x_{\min} ir x_{\max} — minimali ir maksimali nagrinėjamo parametro fiziologinė reikšmė.

Tyrimo rezultatai parodė, kad laiko eilučių kointegracinės analizės metodu galima vertinti įvairių EKG rodiklių sąsajas laiko atžvilgiu. Taip pat tokiam vertinimui pasirinkus rodiklius, parodančius skirtingus organizmo funkcinius lygmenis, — nagrinėti ją skirtingais fraktaliniais lygiais. Jeigu gautos sekos elementai artėja prie nulio, tai rodo, kad pasirinktos duomenų sekos panašėja, t. y. mažėja jų individualus informatyvumas, aprašoma vis labiau sąveikaujančių subjektų sistema. Kaip parodė šio vertinimo rezultatai, kiekvieno

3 pav. EKG rodiklių JT ir RR bei RR ir dQRS sąsajos kaita tiriamajam M. K. atliekant ištvėrmės krūvio testą



4 pav. Dviejų tiriamųjų tarpasmeninės sąveikos įverčio kaita atliekant tepingo testą



tiriamąjį rodiklių sąsajos kaita individuali. Trečiame paveiksle pateikti tiriamąjį M. K. EKG rodiklių kaitos įverčiai, kurių kaitos pobūdis vaizdžiai parodo ir gali paaiškinti fiziologinių procesų sąsajas. Atskirų EKG rodiklių kaita fizinių krūvių metu parodo reguliacinių, aprūpinančiųjų sistemų elgseną (Vainoras, 2002). Taigi tyrimo metu aptiktas sąsajos tarp EKG RR ir JT intervalų didėjimas mankštos ir sunkaus fizinio krūvio metu liudija apie metabolinių procesų (JT intervalo kaitos) priklausomumą nuo reguliacinių komandų (RR intervalo kaitos).

Tiriamąjį M. K. RR ir dQRS reikšmingas sąsajos sumažėjimas rodo iš esmės pasikeitusią tiriamąjį būseną sunkaus fizinio krūvio metu (2 pav.). Jeigu lengvo fizinio krūvio metu (mankštos) QRS kompleksas kitimai vykdė centrinės reguliacines komandas, tai sunkaus krūvio metu šio tiriamąjio širdies laidžioji sistema, matyt, nebepajėgė sekti ir tiksliai jas vykdyti.

Bandymas vertinti kooperacinės tiriamųjų sąveikos ypatybes iš vienu metu registruotų dviejų tiriamųjų judesių dažnio kaitos parodė, kad anks-

čiau aprašytas duomenų analizės būdas (laiko eilučių kointegracinės analizės metodu) yra tinkamas šiam tikslui pasiekti. Apibendrinant dviejų tiriamųjų kooperacinės sąveikos tyrimo rezultatus galima konstatuoti, kad klasikinis tepingo testas leidžia vertinti besikeičiančią tiriamųjų funkcinę būklę: dalis tiriamųjų tepingo testo metu atlikdavo vis mažiau judesių. Tai rodo CNS funkcinio pastovumo mažėjimą. Kitos dalies tiriamųjų rezultatas nemažėjo (vertinant visas suvidurkintas per 40 s atliktų judesių reikšmes, statistiškai patikimo sumažėjimo nebuvo, $p < 0,05$). Tai atitinka kitų autorių (Shimoyama et al., 1990; Зеленцов, Лобановский, 1998), nustačiusių pakankamai didelį sveikų asmenų CNS funkcinio pastovumo rezervą, duomenis.

Ketvirtame paveiksle parodyta dviejų tiriamųjų (L. K ir P. V.) judesių dažnio suderinamumo kaita atliekant 40 s trukmės tepingo testą. Pateiktas pavyzdys liudija, kad: 1) dominuoja vienas tiriamasis; 2) norint suderinti veiksmus bandymo metu, tiriamiesiems prireikė 18 s. Dviejų tiriamųjų veiksmų suderinamumo didėjimą lydi vertinamos

sekos dsk_n elementų artėjimas prie nulio. Taigi tepingo testo duomenų sekos vertinimas matematinų sąryšių būdu esant kooperacinėms situacijoms leidžia atskleisti tiriamųjų sąveikos kaitą ir ypatybes.

Svarbi fiziologijos problema yra žmogaus organizmo funkcijų, kaip kompleksinės sistemos, tarpusavio sąsajų kaitos pažinimas (Bruce, 2006). Būtina toliau tirti ir išmokyti interpretuoti gautuosius sąryšius, juos adekvačiai siejant su tyrimo užduotimis, tyrimo sąlygomis ir tiriamų objektų ypatumais. Fizinių pratimų metu veikia visi organizmo sandaros lygmenys: subląstelinis, ląstelių, audinių, organų, sistemų, viso organizmo

(Shepard, 1987; Suarez, Darveau, 2005 ir kt.), todėl labai svarbu pažinti organizme vykstančius pokyčius taikant įvairius fizinius krūvius.

IŠVADA

Pristatytu laiko eilučių kointegracinės analizės metodu galima vertinti įvairių procesų, tarp jų ir tarpasmenines sąsajas ar organizmo funkcinių sistemų sąveiką laiko atžvilgiu, nagrinėti ją skirtingais fraktaliniiais lygiais. Jeigu sekos elementai artėja prie nulio, tai rodo, kad pasirinktos duomenų sekos panašėja, mažėja jų individualus informatyvumas, aprašoma vis labiau sąveikaujančių subjektų sistema.

LITERATŪRA

- Bruce, W. J. (2006). Where Medicine Went Wrong. Rediscovering the Path to Complexity. *Studies of Nonlinear Phenomena in Life Science*, 11. London: World Scientific.
- Malinauskas, R. (2003). Peculiarities of emotional states of sportsmen in cyclic sports. *International Journal of Sport Psychology*, 34 (4), 289—298.
- Navickas, Z., Bikulčienė, L. (2005). *Expressions of solutions of ordinary differential equations by standard functions: Proceedings of the 10th International Conference Mathematical Modelling and Analysis 2005 and 2nd International Conference Computational Methods in Applied Mathematics*, June 1—5, 2005, Trakai, Lithuania. Vilnius: Technika. P. 143—150.
- Poderys, J. (2007). Adaptation and preparation for the competitions at the Olympic Games in Beijing (Peculiarities of body functioning during exercise after a sudden change of time and environmental conditions). *Научно-практические проблемы спорта высших достижений: материалы международной конференции*, Минск, Республика Беларусь, 29—30 ноября 2007 г. (с. 36—39). Минск: БГУФК.
- Poderys, J., Ežerskis, M., Poderytė, K., Vainoras, A. (2008). *Body Functioning assessment problems of elite athletes*. 2nd International Congress of Complex Systems in Sport (2nd ICCSS). 10th European Workshop of Ecological Psychology (10th EWEP) [elektroninis išteklius]: Book of Abstracts, Madeira, Portugal, 4th-8th November 2008. Madeira: SREC- Direção de Serviços de Tecnologias Educativas. P. 116—117.
- Shepard, R. J. (1987). *Exercise Physiology*. Toronto Philadelphia: B.C.DECKER INC.
- Shimoyama, I., Ninchoji, T., Uemura, K. (1990). The finger-tapping test. A quantitative analysis. *Archives of Neurology*, 47 (6), 873—888.
- Suarez, R. K., Darveau, C. A. (2005). Multi-level regulation and metabolic scaling. *Journal of Experimental Biology*, 208 (Pt 9), 1627—1634.
- Vainoras, A. (2002). Functional model of human organism reaction to load — evaluation of sportsman training effect. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (44), 88—93.
- Зеленцов, А. М., Лобановский, В. В. (1998). Моделирование тренировки в футболе. Киев. С. 214.

ANALYSIS OF FINGER TAPPING TESTS AND ECG SIGNAL IN ASSESSMENT OF PECULIARITIES OF BODY FUNCTIONING AND INTERPERSONAL INTERACTION

Jonas Poderys¹, Alfonsas Vainoras², Zenonas Navickas³, Liepa Bikulčienė³

Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas University of Medicine², Kaunas University of Technology³, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The idea of a two-way effect is essential in the concept of interaction between two or more subjects effecting each other. Various methods could be used for the assessment of interpersonal interactions. One of such methods is the analysis of movement behaviour during the tasks. Such analysis provides the information on the task based results and related with the behaviour of participants but it does not show the internal interaction. The aim of the study was to create and test the mathematical method designed for the analysis and the assessment of interpersonal interaction based on co-integration of time sequence data.

During the first investigation the participants of the study, healthy adult males, were instructed and asked to perform the Finger tapping test alone and in pairs, having to synchronize their movements as well as possible.

During the second investigation the subject underwent the endurance stress test. The 12-lead ECG was continuously registered during the warm-up, endurance stress test and recovery.

A special algorithm for the analysis of ECG signal was developed. The results obtained during the analysis confirmed the preposition of the Institute of HeartMath that the ECG signals can disclose some interpersonal interaction. The futures of idempotence or nilpotent were more expressed during the competitive situations than during the tasks requiring the efforts with one accord.

The new assessment methodology based on time series co-integration for interaction between physiological parameters is presented in the paper. The results of the investigation has shown that this analytical method allows evaluating interaction between various processes, for instance, the interpersonal interaction or the interaction of the organism functional systems during a period of time in different fractal levels. If the terms of sequence formed in a special way converge to zero it shows that the chosen time series become similar and describe a more associated system.

Keywords: interpersonal interaction, analysis of ECG, Finger tapping test.

Gauta 2009 m. sausio 27 d.
Received on January 27, 2009

Priimta 2009 m. kovo 5 d.
Accepted on March 5, 2009

Jonas Poderys
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302650
E-mail j.poderys@lkka.lt