



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00574

(22) Data de depozit: 20.06.2011

(41) Data publicării cererii:  
30.09.2013 BOPI nr. 9/2013

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI  
FARMACIE DIN CRAIOVA,  
STR. PETRU RAREȘ NR. 2, CRAIOVA, DJ,  
RO

(72) Inventatori:  
• ROMANESCU FLORIN MARIUS,  
STR. CÂMPIA ISLAZ NR. 23, CRAIOVA, DJ,  
RO;  
• NEȘTIANU ADRIAN, STR. COSTACHE  
NEGRI NR. 29, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• POPESCU GABRIEL,  
STR. GEORGE FOTINO NR. 22, BL. 5,  
SC. 2, AP. 9, CRAIOVA, DJ, RO;  
• BĂLȘEANU TUDOR ADRIAN,  
STR. ȘIRBEI VODĂ NR. 32D, BL.B1, AP.9,  
CRAIOVA, DJ, RO;  
• NEȘTIANU VALERIU, STR. NANTERRE  
NR. 11, BL. C8, SC. 1, ET. 1, AP. 8,  
CRAIOVA, DJ, RO

(54) METODĂ PENTRU PRELUCRAREA ELECTROMIOGRAMEI  
DE SUPRAFAȚĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru prelucrarea electromiogrammei de suprafață înregistrată pe două canale, în timpul contracției musculare maxime, izometrice, continuată până la epuizare, și corelarea parametrilor obținuți prin analiza electromiogrammei de suprafață cu parametri rezultați din analiza mecanogrammei și activității cardiovasculare. Metoda conform invenției constă în aplicarea unor electrozi pe tegumentul de deasupra mușchiului investigat al unui individ, a unui senzor de forță, a unui senzor de puls arterial și a unui aparat pentru determinarea presiunii arteriale, care generează niște semnale transmise până la un amplificator cu patru canale, după amplificarea semnalelor fiind eșantionate, convertite în semnale digitale și stocate într-un computer, în vederea prelucrării lor prin: analiza electromiogrammei de suprafață, care constă în prelucrări matematice realizate pe intervale de timp, în urma prelucrării rezultând un set de valori ale parametrilor electrofiziologici cu ajutorul cărora se trasează curbe ce indică evoluția în timp a fiecărui parametru, în timpul întregii contracții, până la epuizare, pentru fiecare din aceste curbe calculându-se curba de regresie de ordinul I, ce are doi parametri: intercept și pantă; după determinarea valorilor interceptului și pantei pentru toți parametrii și pentru mai mulți indivizi din cadrul unui lot studiat, pot fi determinate valorile medii și deviația standard a fiecărui lot, determinare urmată de o comparație între valorile medii ale tuturor parametrilor unui lot studiat față de un lot martor, calculându-se asigurările

statistice; analizarea curbei mecanogrammei cu ajutorul căreia se poate determina cantitatea totală de energie pe care a dezvoltat-o subiectul, precum și trasarea curbei sfigmografice, și înregistrarea tuturor acestor parametri într-un tabel, pe baza căruia, în final, se determină indicii sintetici și se pot face corelații între parametrii electrofiziologici.

Revendicări: 4  
Figuri: 5

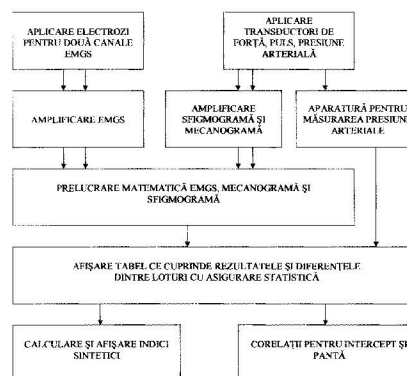


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. a	2011 00 574
Data depozit ... 20-06-2011	

### Metodă pentru prelucrarea electromiogramei de suprafață

Invenția se referă la o metodă pentru prelucrarea electromiogramei de suprafață (EMGS), înregistrată pe 2 canale, în timpul contracției musculare maximale, izometrice, continuată până la epuizare (instalarea oboselii totale) și corelarea parametrilor obținuți prin analiza EMGS, cu parametrii rezultați din analiza mecanogramei și activității cardiovasculare și eventual a altor parametri obținuți prin alte explorări, cu aplicabilitate în următoarele domenii: fiziologia efortului fizic, medicină sportivă, reumatologie – balneofizioterapie, neurologie, medicina muncii, ergonomie, endocrinologie, boli de nutriție și metabolism, medicină internă, hematologie, patologia cardiovasculară, oncologie, farmacologie, nefrologie etc.

Sunt cunoscute următoarele metode de înregistrare și analiză a biopotențialelor musculare:

- la sfârșitul secolului XIX, s-au înregistrat biopotențiale musculare de suprafață, cu ajutorul electrometrului capilar al lui Lippman, de către Marey în 1890, care a introdus și termenul de electromiografie; în 1903 s-a înregistrat EMGS cu ajutorul galvanometrului cu coardă, dezvoltat de Einthoven; Gasser și Erlanger, în 1922, folosesc un tub catodic pentru a înregistra, la fel ca și predecesorii săi, electromiograma globală a întregului mușchi (sau a unor porțiuni mari din mușchi), culeasă prin electrozi de suprafață, aplicați pe epiderm, deasupra mușchiului studiat.
- în 1929, Adrian și Bronk dezvoltă acele coaxiale (concentrice), mono sau bipolare, realizând astfel culegerea potențialelor de unitate motorie (PUM); o contribuție importantă în dezvoltarea electromiografiei clinice moderne o are Fritz Buchtal, care, împreună cu colectivul său realizează primele descrieri ale semiologiei PUM, normale și în patologia sistemului nervos și muscular.
- în anii 1950-1960, s-a realizat electromiograma elementară a fibrelor musculare, care înregistrează potențialele separate ale fibrelor musculare (elemente) din cadrul aceleiași unități motorii, cu microelectrozi extracelulari, o contribuție importantă având Erik Stålberg; prin această tehnică se determină decalajul în timp, numit „jitter”, între două fibre ale aceleiași unități motorii, determinare importantă în patologia musculară.

Ultimele două tehnici prezintă dezavantajul că sunt de tip invaziv, și sunt inutilizabile în studiul contracției musculare maximale. Un alt dezavantaj al acestora este că acul, introdus în mușchiul examinat, se mișcă în timpul contracției ample, maximale, putând produce leziuni locale și totodată, în timpul contracției, vârful acului mișcându-se, preia potențialele de la alte unități motorii decât în contracția slabă. De asemenea, electromiograma înregistrată prin ac, în timpul contracției musculare maximale, nu mai înregistrează potențiale de unitate motorie, ci un traseu de interferență, care este în final asemănător cu EMGS, iar electromiograma elementară a fibrelor musculare, culeasă cu microelectrozi, nu se poate efectua în contracția musculară maximală, puternică.

Deci, înregistrarea activității electrice a unui mușchi întreg, sau a unei porțiuni importante a acestuia, nu este posibilă decât prin culegere cu electrozi de suprafață, aplicați pe tegumentul de deasupra mușchiului studiat; această înregistrare este

importantă și, de altfel, singura posibilă în studiul modificărilor electrofiziologice din timpul instalării oboseii musculare și pentru urmărirea secvenței activității diverselor grupe musculare, în timpul activității (sportive sau de muncă). În acest caz, pentru a avea informația când intră sau iese din activitate fiecare grup de mușchi, se înregistrează EMGS simultan, pe mai multe zeci de canale, electrozii fiind aplicați în diverse zone, pe tot corpul.

În toată literatura de specialitate, publicată din 1950 până în prezent, înregistrările EMGS efectuate de fiziologi, electrofiziologi implicați în studiul sistemului nervos sau muscular, studiul efortului fizic ș.a., au pus în evidență, pe măsura instalării oboseii musculare, datorate contracției maxime până la epuizare, doar câteva modificări observate prin inspecție vizuală (mai ales scăderea amplitudinii și frecvenței undelor EMGS), dar nimic cuantificabil prin măsurători precise. Ulterior, în ultimele două decenii, a fost analizată EMGS, exprimându-se cifric, precis, evoluția frecvenței medii, amplitudinii medii, a integralei de suprafață și a amplitudinii pătratice medii, pe parcursul instalării progresive a oboseii musculare. Valorile acestor parametri sunt date cifric, la începutul și la sfârșitul contracției maxime, epuizante; nu se urmărește evoluția acestor valori pe parcursul întregii contracții musculare.

Metoda, conform invenției, elimină dezavantajele tehnicilor de prelucrare cunoscute, pentru că detectează un număr mare de parametri fiziologici și sintetici, prin prelucrarea matematică a înregistrărilor inițiale, urmărindu-se evoluția acestora pe parcursul întregii contracții musculare.

Metoda, conform invenției, propusă și dezvoltată de noi, detectează un număr de 37 parametri fiziologici și 7 indici sintetici, după cum urmează:

- parametri electrofiziologici (37)
  - 11 parametri de timp ai EMGS
    - amplitudinea maximă a semnalului redresat EMGS (rAmax)
    - amplitudinea mediană a semnalului redresat EMGS (rAmed)
    - amplitudinea medie a semnalului redresat EMGS (rAav)
    - amplitudinea maximă vârf-la-vârf a undelor EMGS (Amax-pp)
    - amplitudinea medie vârf-la-vârf a undelor EMGS (Aav-pp)
    - amplitudinea mediană a punctelor de întoarcere (rAmed-tp)
    - amplitudinea medie a punctelor de întoarcere (rAav)
    - rădăcina pătratică medie a semnalului EMGS (Rms)
    - raportul arie medie / amplitudine medie (Raa)
    - integrala semnalului redresat (Rsi)
    - raportul amplitudine medie redresată a punctelor de întoarcere / amplitudinea medie redresată a semnalului EMGS (rAav-tp/rAav)
    - Original
  - 9 parametri de frecvență ai EMGS
    - frecvența medie (Fav)
    - frecvența mediană (Fmed)
    - frecvența densității maxime de putere (Fsmax)
    - energia spectrală maximă (Smax)
    - frecvența mediană Burch (IFmed) - Original
    - frecvența medie Burch (IFav) - Original
    - numărul de puncte de întoarcere (Npi)

- numărul de treceri prin zero (Ntz)
- raportul număr de puncte de întoarcere / număr de treceri prin zero (Npi/Ntz) - Original
- 5 parametrii micști (timp-frecvență) EMGS
  - bruschetea medie (Stav) – Original pentru EMGS
  - indicele bruschețe x amplitudine medie (AstI sau IBA) -Original
  - raportul amplitudine medie redresată / frecvența medie FFT (AFR-FFT) - Original
  - raportul amplitudine medie redresată / frecvența medie Burch (AFR-B) - Original
  - sincronizarea (vârfurilor undelor EMGS de pe 2 canale ce culeg de pe același mușchi) (Sync) – Original pentru EMGS
- 4 parametrii de frecvență ai undelor de ordinul II EMGS
  - frecvența mediană (Fmed2) - Original
  - frecvența medie (Fav2) - Original
  - frecvența maximului de putere (FSmax2) - Original
  - energia spectrală maximă (Smax2) - Original
- 2 parametrii ai mecanogramei
  - forța musculară medie (Fm)
  - integrala forței (IF)
- 1 parametru mixt EMGS / mecanogramă
  - indicele de eficiență a cuplării excitației cu contracția (ECCEI) - Original
- 4 parametrii cardiovasculari
  - frecvența cardiacă din (CF)
  - presiunea arterială sistolică (SBP)
  - presiunea arterială diastolică (DBP)
  - presiunea arterială diferențială (DP)
- 1 parametru general
  - durata contracției (D)
- 7 indici sintetici
  - pragul de epuizare totală (PET) – Original
  - PET procentual (PET%) - Original
  - integrala pragului de epuizare totală (IPET) - Original
  - raportul durată contracție / PET (D/PET) - Original
  - raportul integrala forței / PET (IF/PET) - Original
  - indicele de similaritate al mecanogramei sau indicele de paralelism (ISM) - Original
  - indicele de participare la oboseală (IPO sau FPI)

Metoda, conform invenției, permite prelucrare complexă a informațiilor privind sistemul muscular (împreună cu dependența de sistemul nervos) și la identificarea, prin calcul, a altor parametrii noi, originali; de asemenea, înregistrarea, achiziția, prelucrarea matematică statistică și corelațiile extinse sunt bazate pe un program de calcul dedicat scopului.

Metoda, conform invenției, se poate aplica și în alt fel de contracții și explorări: contracția unor grupe musculare variate, contracții cu intensitate variabilă, contracții la

50%, 75% sau 90% din maximum, contracții maxime ritmice, de diverse durate și frecvențe, explorări fonomiografice, termografice, oximetrice, ultrasonografice Doppler sau locale.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu:

- fig. 1. Fluxul operațional aplicat în metoda pentru prelucrarea matematică a electromiogramei de suprafață, în timpul contracției maxime, până la instalarea oboselii complete și corelarea acesteia cu activitatea mecanică și cardiovasculară
- fig. 2. Lista Parametrilor fiziologici și indicilor sintetici
- fig. 3. Modalitatea de aplicare a electrozilor EMGS și ai senzorilor de forță, puls și tensiune arterială.
- fig. 4. Traseele EMGS și mecanogramei
- fig. 5. Exemplu de afișare a rezultatelor obținute prin aplicarea metodei

Se aplică electrozii (1), pe tegumentul de deasupra mușchiului investigat (2), senzorul de forță (3), senzorul de puls arterial (4) și aparatul pentru determinarea presiunii arteriale (5). Electrozii pentru EMGS sunt așezați câte 2 pe o plăcuță de plexiglas (6), având o distanță de 0,5-4 cm centimetri unul de altul (distanța intercentre), în sens longitudinal și o distanță între plăcuțe între 0,5-4 cm în sens transversal, electrodul de masă (7) fiind aplicat proximal de electrozii de culegere, pe membrul examinat.

Biopotențialele culese de electrozii (1), senzorul de forță (3), senzorul de puls arterial (4), sunt transmise pe conductorii (8), până la amplificatorul cu 4 canale (9). După eșantionare și conversie A/D, informațiile sunt stocate într-un computer, în vederea prelucrării lor.

Analiza EMGS astfel obținute, printr-un program dedicat, preia semnalele achiziționate (10), memorându-le inițial în buffere, din care valorile sunt extrase și prelucrate ulterior. Se face apoi redresarea semnalului și stocarea în alte buffere, pentru a nu altera semnalul original.

Din cele două semnale, redresat (10) și neredresat, sunt făcute prelucrări matematice pe intervale  $\Delta t = \Delta e + \Delta p$ , rezultând pentru fiecare asemenea interval  $\Delta e$ , un set de valori ale parametrilor electrofiziologici, calculați în intervalul  $\Delta p$ .

Folosind aceste valori se trasează curbe (11), ce indică evoluția în timpul întregii contracții, pentru fiecare din parametrii antecitați (numai Integrala forței și Durata contracției au o singură valoare, pentru toată contracția).

Pentru a avea o informație sintetică a evoluției fiecărui parametru în timpul contracției, până la epuizare, pentru fiecare dintre aceste curbe (curbe de evoluție în timp), se calculează curba de regresie de ordinul I (respectiv dreapta de regresie), care are doi parametri: intercept (valoarea de pe ordonată a punctului în care dreapta de regresie atinge ordonata) și panta (coeficient de regresie). Se calculează panta în % care a rezultat prin raportarea valorilor pantei la valoarea interceptului.

Apoi metoda permite determinarea valorilor interceptului și pantei de la toți parametrii, pentru fiecare individ din cadrul lotului studiat, apoi valorile mediate și deviația standard ale întregului lot. Metoda permite, de asemenea, compararea valorilor medii ale tuturor parametrilor unui lot studiat, față de un lot martor, calculându-se și asigurările statistice.

Se tablează automat diferențele procentuale între valorile medii ale fiecărui parametru și asigurarea statistică a diferenței valorilor medii dintre loturi.

În paralel cu înregistrarea electromiografică, se înregistrează cu ajutorul senzorului (3) evoluția în timp, până la epuizare, a forței de contracției instantanee, obținându-se astfel curba mecanogramei (12).

Metoda permite obținerea cantității totale de energie (integrala forței) pe care a debitat-o subiectul, această fiind o valoare, nu o curbă cu evoluție în timp.

Metoda determină și parametrii cardiovasculari, astfel se înregistrează curba sfigmografică (pulsul arterial), cu ajutorul unui senzorului de puls (4) montat la nivelul falangei distale a unui deget al mâinii controlaterale; în același timp, cu ajutorul unui aparat automat pentru determinarea presiunii arteriale (5), se determină valorile presiunii arteriale sistolică, diastolică și diferențială, înainte de contracție, în timpul contracției (din 30 în 30 de secunde) și după contracție, valorile fiind înregistrate în tabelul în care se regăsesc toți ceilalți parametri. Tot în acest tabel se mai înregistrează durata totală a contracției. Metoda de prelucrare se aplică identic pentru mecanogramă și sfigmogramă, la fel ca pentru EMGS.

În final, pe baza acestor tabele complexe, cu valorile medii ale interceptului și pantei pe întregul lot, se realizează grafice separate, pentru intercept și apoi pentru pantă.

Pentru a interpreta rapid și sintetic informațiile obținute prin înregistrările de la diverși indivizi, comparații între loturi, grafice etc., metoda asigură determinarea a 6 indici sintetici, cu ajutorul cărora se pot compara rapid diferențele existente între indivizi sau loturi, fără a urmări valorile parametrilor:

- pragul de epuizare totală (PET), care exprimă cu câte procente din valoarea interceptului s-a modificat curba de evoluție în timp a unui parametru, până în momentul când, prin epuizare, subiectul întrerupe contracția;
- PET procentual (PET%), care reprezintă exprimarea valorii PET-lui, procentual față de valoarea interceptului;
- integrala pragului de epuizare totală (IPET), reprezentând aria de sub dreapta de regresie PET, față de axele de referință;
- raportul durată contracție / PET (D/PET), care exprimă cât timp trece pentru ca dreapta de regresie a parametrului studiat, să se modifice cu o unitate a PET;
- raportul integrala forței / PET (IF/PET), care exprimă, câtă energie mecanică se dezvoltă pentru modificarea PET cu o unitate;
- indicele de similaritate al mecanogramei (ISM) sau paralelismul între dreapta de regresie a mecanogramei și dreapta de regresie a parametrului comparat, care indică dacă oboseala predomină în mușchi din cauze biochimice sau în sistemul nervos ce comandă mușchiul (valoarea acestuia, dacă indică faptul că cele două drepte sunt relativ paralele, se consideră că modificarea prin oboseală este predominant biochimică, la nivel muscular, iar dacă cele două drepte sunt divergente, se consideră că modificarea prin oboseală, predomină la nivelul sistemului nervos central sau periferic);
- indicele de participare la oboseală (IPO), care exprimă procentul de participare a fiecărui parametru la modificările induse de oboseală; pentru calcularea lui am însumat toate pragurile de epuizare totală (PET) de la toți parametri electrofiziologici, obținând o valoare totală; această valoare totală, care atinge 180-250, a fost apoi considerată 100% și fiecare valoare procentuală inițială a

PET-urilor a fost recalculată funcție de acest total 100%. S-au obținut evident alte valori procentuale ceva mai mici, care indică cu ce procent a participat parametrul respectiv la fenomenul de oboseală totală.

Metoda permite realizarea de reprezentări grafice ale grupelor de parametrii de timp, frecvență sau micști, sub formă de coloane, pentru două loturi care se compară cu asigurare statistică.

Metoda permite determinarea corelațiilor între toți cei 37 de parametrii electrofiziologici, fiecare fiind comparat cu ceilalți 36.

Metoda oferă informații legate de existența corelațiilor între parametrii din aceeași grupă, între parametrii de timp și de frecvență, între toate tipurile de parametrii (timp, frecvență, micști, mecanografici, sfigmografici), între parametrii obținuți pe loturi de tineri și bătrâni, pe grupe de sportivi.

### Revendicare

1. Metodă pentru prelucrarea electromiogramei de suprafață, mecanogramei și a parametrilor cardiovasculari, în timpul contracției musculare, voluntare, maxime, izometrice, până la epuizare, obținându-se 37 parametrii fiziologici, caracterizată prin aceea că permite calculul interceptului și pantei pentru fiecare parametru, permite determinarea cantității totale de energie debitată de subiect.

2. Metodă, conform revendicării 1., caracterizată prin aceea că determină și parametrii cardiovasculari, astfel se înregistrează curba sfigmografică (pulsul arterial), cu ajutorul unui senzorului de puls (4) montat la nivelul falangei distale a unui deget al mâinii controlaterale; în același timp, cu ajutorul unui aparat automat pentru determinarea presiunii arteriale (5), se determină valorile presiunii arteriale sistolică, diastolică și diferențială, înainte de contracție, în timpul contracției (din 30 în 30 de secunde) și după contracție, valorile fiind înregistrate în tabelul în care se regăsesc toți ceilalți parametrii. Tot în acest tabel se mai înregistrează durata totală a contracției. Metoda se aplică identic pentru mecanogramă și sfigmogramă.

3. Metodă, conform revendicării 1., caracterizată prin aceea că pentru a interpreta rapid și sintetic informațiile obținute prin înregistrările de la diverși indivizi, comparații între loturi, grafice etc., asigură determinarea a 7 indici sintetici, cu ajutorul cărora se pot compara rapid diferențele existente între indivizi sau loturi, fără a urmări valorile parametrilor:

- pragul de epuizare totală (PET), care exprimă cu câte procente din valoarea interceptului s-a modificat curba de evoluție în timp a unui parametru, până în momentul când, prin epuizare, subiectul întrerupe contracția;
- PET procentual (PET%), care reprezintă exprimarea valorii PET-lui, procentual față de valoarea interceptului;
- integrala pragului de epuizare totală (IPET), reprezentând aria de sub dreapta de regresie PET, față de axele de referință;
- raportul durată contracție / PET (D/PET), care exprimă cât timp trece pentru ca dreapta de regresie a parametrului studiat, să se modifice cu o unitate a PET;
- raportul integrala forței / PET (IF/PET), care exprimă, câtă energie mecanică se dezvoltă pentru modificarea PET cu o unitate;

PET-urilor a fost recalculată funcție de acest total 100%. S-au obținut evident alte valori procentuale ceva mai mici, care indică cu ce procent a participat parametrul respectiv la fenomenul de oboseală totală.

Metoda permite realizarea de reprezentări grafice ale grupelor de parametrii de timp, frecvență sau micști, sub formă de coloane, pentru două loturi care se compară cu asigurare statistică.

Metoda permite determinarea corelațiilor între toți cei 37 de parametrii electrofiziologici, fiecare fiind comparat cu ceilalți 36.

Metoda oferă informații legate de existența corelațiilor între parametrii din aceeași grupă, între parametrii de timp și de frecvență, între toate tipurile de parametrii (timp, frecvență, micști, mecanografici, sfigmografici), între parametrii obținuți pe loturi de tineri și bătrâni, pe grupe de sportivi.

### Revendicare

1. Metodă pentru prelucrarea electromiogramei de suprafață, mecanogramei și a parametrilor cardiovasculari, în timpul contracției musculare, voluntare, maxime, izometrice, până la epuizare, obținându-se 37 parametrii fiziologici, caracterizată prin aceea că permite calculul interceptului și pantei pentru fiecare parametru, permite determinarea cantității totale de energie debitată de subiect,

2. Metodă, conform revendicării 1., caracterizată prin aceea că determină și parametrii cardiovasculari, astfel se înregistrează curba sfigmografică (pulsul arterial), cu ajutorul unui senzorului de puls (4) montat la nivelul falangei distale a unui deget al mâinii controlaterale; în același timp, cu ajutorul unui aparat automat pentru determinarea presiunii arteriale (5), se determină valorile presiunii arteriale sistolică, diastolică și diferențială, înainte de contracție, în timpul contracției (din 30 în 30 de secunde) și după contracție, valorile fiind înregistrate în tabelul în care se regăsesc toți ceilalți parametrii. Tot în acest tabel se mai înregistrează durata totală a contracției. Metoda se aplică identic pentru mecanogramă și sfigmogramă.

3. Metodă, conform revendicării 1., caracterizată prin aceea că pentru a interpreta rapid și sintetic informațiile obținute prin înregistrările de la diverși indivizi, comparații între loturi, grafice etc., asigură determinarea a 7 indici sintetici, cu ajutorul cărora se pot compara rapid diferențele existente între indivizi sau loturi, fără a urmări valorile parametrilor:

- pragul de epuizare totală (PET), care exprimă cu câte procente din valoarea interceptului s-a modificat curba de evoluție în timp a unui parametru, până în momentul când, prin epuizare, subiectul întrerupe contracția;
- PET procentual (PET%), care reprezintă exprimarea valorii PET-lui, procentual față de valoarea interceptului;
- integrala pragului de epuizare totală (IPET), reprezentând aria de sub dreapta de regresie PET, față de axele de referință;
- raportul durată contracție / PET (D/PET), care exprimă cât timp trece pentru ca dreapta de regresie a parametrului studiat, să se modifice cu o unitate a PET;
- raportul integrala forței / PET (IF/PET), care exprimă, câtă energie mecanică se dezvoltă pentru modificarea PET cu o unitate;



- indicele de similaritate al mecanogramei (ISM) sau paralelismul între dreapta de regresie a mecanogramei și dreapta de regresie a parametrului comparat, care indică dacă oboseala predomină în mușchi din cauze biochimice sau în sistemul nervos ce comandă mușchiul (valoarea acestuia, dacă indică faptul că cele două drepte sunt relativ paralele, se consideră că modificarea prin oboseală este predominant biochimică, la nivel muscular, iar dacă cele două drepte sunt divergente, se consideră că modificarea prin oboseală, predomină la nivelul sistemului nervos central sau periferic);
- indicele de participare la oboseală (IPO), care exprimă procentul de participare a fiecărui parametru la modificările induse de oboseală; pentru calcularea lui am însumat toate pragurile de epuizare totală (PET) de la toți parametri electrofiziologici, obținând o valoare totală; această valoare totală, care atinge 180-250, a fost apoi considerată 100% și fiecare valoare procentuală inițială a PET-urilor a fost recalculată funcție de acest total 100%. S-au obținut evident alte valori procentuale ceva mai mici, care indică cu ce procent a participat parametrul respectiv la fenomenul de oboseală totală.

4. Metodă, conform revendicării 1., caracterizată prin aceea că asigură determinarea a 19 parametri și indici sintetici, originali pentru EMGS: raportul amplitudine medie redresată a punctelor de întoarcere / amplitudinea medie redresată a semnalului EMGS ( $rAav-tp/rAav$ ), frecvența mediană Burch (IFmed), frecvența medie Burch (IFav), raportul număr de puncte de întoarcere / număr de treceri prin zero ( $N_{pi}/N_{tz}$ ), bruschetea medie (Stav), indicele bruschețe x amplitudine medie (AstI sau IBA), raportul amplitudine medie redresată / frecvența medie FFT (AFR-FFT), raportul amplitudine medie redresată / frecvența medie Burch (AFR-B), sincronizarea (vârfurilor undelor EMGS de pe 2 canale ce culeg de pe același mușchi) (Sync), frecvența mediană a undelor de ordinul II (Fmed2), frecvența medie a undelor de ordinul II (Fav2), frecvența maximului de putere a undelor de ordinul II (FSmax-2), energia spectrală maximă a undelor de ordinul II (Smax-2), indicele de eficiență a cuplării excitației cu contracția (ECCEI), pragul de epuizare totală (PET), PET procentual (PET%), integrala pragului de epuizare totală (IPET), durată contracție / PET (D/PET), integrala pragului de epuizare totală (IPET), raportul integrala forței / PET (IF/PET), care oferă informații privind diferențele existente între grupele de tineri și bătrâni, grupe sportivi ce folosesc predominant unul dintre membre, tipul de oboseală (predominant musculară sau predominant nervoasă) etc.

Fig. 1. Fluxul operațional aplicat în metoda pentru prelucrarea matematică a electromiografelei de suprafață, în timpul contracției maxime, până la instalarea oboselii complete și corelarea acesteia cu activitatea mecanică și cardiovasculară

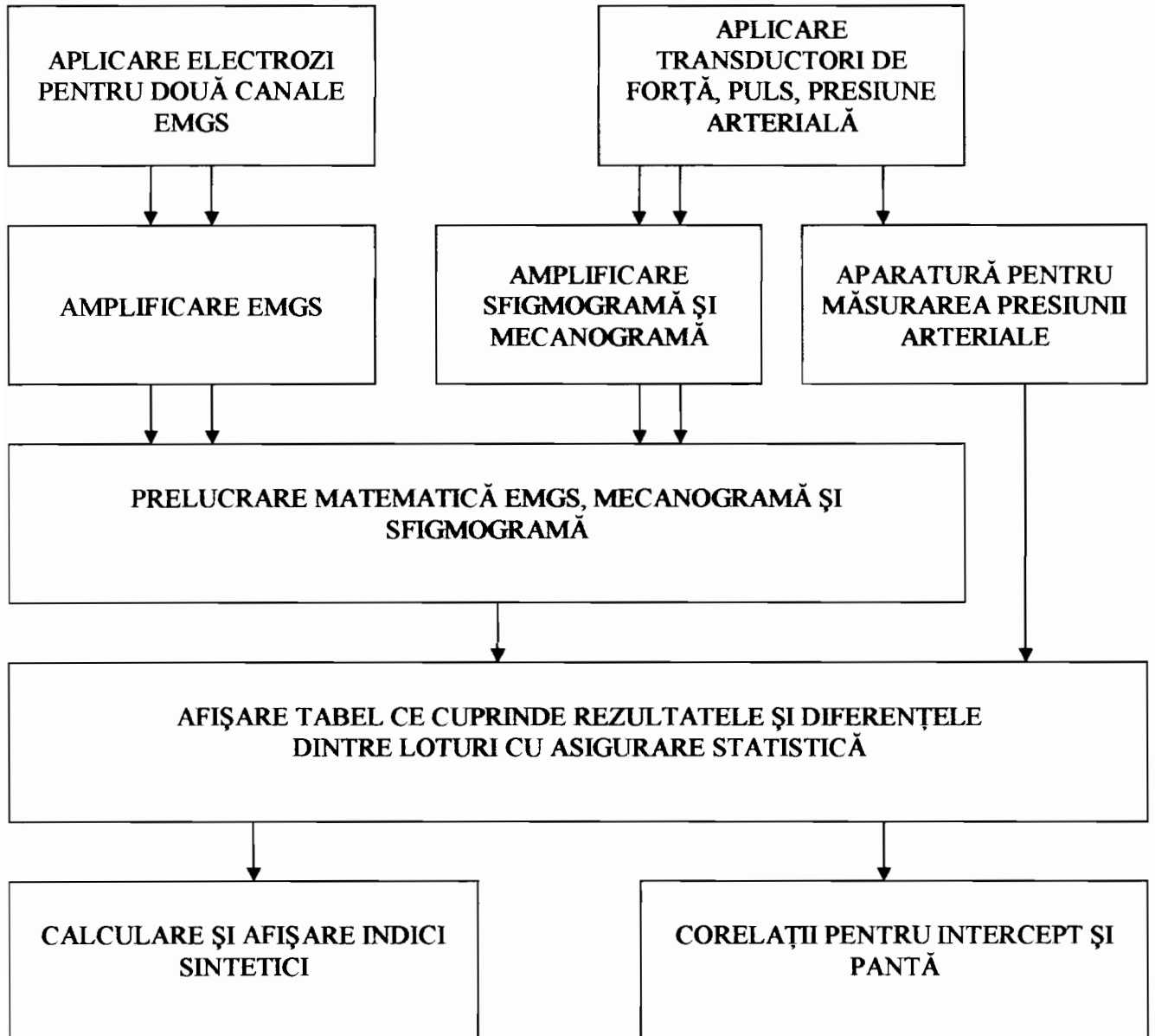


Fig. 2.. Lista Parametrilor fiziologici și indicilor sintetici

Nr. crt.	Numele parametrului	Prescurtarea		Unitatea de măsură	Observații	Explicații
		Română	Engleză			
<b>Parametrii de timp ai EMGS</b>						
1	Amplitudinea maximă a semnalului redresat EMGS	rAmax	rAmax	mV	-	Reprezintă valoarea maximă a amplitudinii semnalului redresat undelor EMGS
2	Amplitudinea mediană a semnalului redresat EMGS	rAmed	rAmed	mV	-	Reprezintă valoarea mediană a amplitudinii semnalului redresat undelor EMGS
3	Amplitudinea medie a semnalului redresat EMGS	rAav	rAav	mV	-	Reprezintă o măsură pentru valoarea medie a amplitudinii semnalului redresat undelor EMGS, calculată pe un număr de N eșantioane: $V_{avr}(s(t)) = \frac{\sum_{k=1}^N s(t_k)}{N}$
4	Amplitudinea maximă vârf-la-vârf a undelor EMGS	Amax-pp	Amax-pp	mV	-	Reprezintă valoarea maximă a amplitudinii undelor vârf-la-vârf a undelor EMGS
5	Amplitudinea medie vârf-la-vârf a undelor EMGS	Aav-pp	Aav-pp	mV	-	Reprezintă o măsură pentru valoarea medie a amplitudinii undelor vârf-la-vârf a undelor EMGS, calculată similar cu amplitudinea medie a semnalului redresat EMGS
6	Amplitudinea mediană a punctelor de întoarcere	rAmed-pi	rAmed-tp	mV	-	Reprezintă amplitudinea mediană a tuturor punctelor de întoarcere a undelor EMGS
7	Amplitudinea medie a punctelor de întoarcere	rAav-pi	rAav-tp	mV	-	Reprezintă amplitudinea medie a tuturor punctelor de întoarcere a undelor EMGS
8	Rădăcina pătratică medie a semnalului EMGS (Root mean square)	Rms	RMS	mV	-	Acest parametru o medie particulară a semnalului, calculată după formula: $R_{ms}(s(t)) = \sqrt{\frac{\int_t^{t+T} s(t)^2 dt}{T}}$

Nr. crt.	Numele parametrului	Prescurtarea		Unitatea de măsură	Observații	Explicații
		Română	Engleză			
9	Raportul Arie medie / Amplitudine medie	Raa	Raa	ms	-	<p>Parametru calculat ca media sumei rapoartelor obținute între traversări succesive ale liniei izoelectrice și propus a fi utilizat ca parametru original aplicat în EMGS de către Tărăță M, Neșțianu V și colaboratorii în anii '80, dovedit a avea o valoare diagnostică în patologia neuromusculară și util în studiile de oboseală musculară; poate fi calculat după formula:</p> $Raa = \frac{Smed}{Amed} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n \cdot A_i}$ <p>unde Smed este suma ariilor fazelor semnalului redresat EMGS împărțită la numărul total de faze, Amed este suma amplitudinilor fazelor semnalului redresat EMGS împărțită la numărul total de faze, Si este aria unei faze a semnalului redresat EMGS, Ai este amplitudinea unei faze EMGS, iar n este numărul total de faze</p>
10	Integrala semnalului redresat	Isr	Rsi	mV x ms	-	<p>Acest parametru ia valori dependente de amplitudinea, durata și frecvența undelor EMGS. Integrarea se referă la obținerea ariei semnalului (după redresare), prin însumarea tuturor valorilor momentane.</p>
11	Raportul amplitudinea medie redresată a punctelor de întoarcere / amplitudinea medie redresată a semnalului EMGS	rAav-pi / rAav	rAav-tp / rAav	-	<b>Original</b>	<p>Reprezintă raportul între amplitudinea medie redresată a punctelor de întoarcere și amplitudinea medie redresată a semnalului EMGS</p>
<b>Parametrii de frecvență ai EMGS</b>						
12	Frecvența medie	Fav	Fav	Hz	-	<p>Reprezintă frecvența medie a spectrului de putere obținută prin FFT, în Hz, definită ca:</p> $Fav = \frac{\int_0^{\infty} f \cdot S(f) df}{\int_0^{\infty} S(f) df}$ <p>unde f este frecvența, iar S(f) este spectrul de putere.</p>

Nr. crt.	Numele parametrului	Prescurtarea		Unitatea de măsură	Observații	Explicații
		Română	Engleză			
13	Frecvența mediană	Fmed	Fmed	Hz	-	Reprezintă frecvența la care spectrul de putere, obținut prin FFT, se divide în două regiuni de arii egale. Cele două suprafețe egale ale spectrului de putere determinate de Fmed sunt: $\int_0^{Fmed} S(f)df = \int_{Fmed}^{\infty} S(f)df = \frac{\int_0^{\infty} S(f)df}{2}$
14	Frecvența densității maxime de putere (Mode frq.)	FSmax	FMod	Hz	-	Reprezintă valoarea (în Hz) la care spectrul de putere obținut prin FFT, are amplitudinea maximă (sau frecvența densității maxime de putere).
15	Energia spectrală maximă	Smax	Smax	mV <sup>2</sup> .ms	-	Reprezintă puterea maximă a spectrului, determinată prin FFT. Acest parametru este dependent de tipul de electrozi, de mușchi, de starea mușchiului, de încărcare etc.
16	Frecvența mediană Burch	FmedB	FmedB	Hz	<b>Original</b>	Parametru calculat pe baza determinării intervalelor dintre trecerile prin zero (analiză de intervale sau de perioade, propusă de Burch).
17	Frecvența medie Burch	FavB	FavB	Hz	<b>Original</b>	Parametru calculat pe baza determinării intervalelor dintre trecerile prin zero (analiză de intervale sau de perioade, propusă de Burch).
18	Numărul punctelor de întoarcere (pi)	Npi	Tp	Nr/s	-	Reprezintă numărul de vârfuri pozitive și negative, separate de precedentul și de următorul vârf, printr-un prag de amplitudine de 20-50 μV
19	Numărul de treceri prin zero (tz)	Ntz	ZC	Nr/s	-	Reprezintă numărul de câte ori traseul EMGS traversează linia izoelectrică.
20	Raportul Număr de puncte de întoarcere / Număr de treceri prin zero	Npi/Ntz	Tp/ZC	-	<b>Original</b>	Calculat ca raportul dintre numărul de puncte de întoarcere și numărul de treceri prin zero.
<b>Parametri micști (timp-frecvență) ai EMGS</b>						
21	Bruschețea medie	Bav	Stav	mV/ms	<b>Original pentru EMGS</b>	Parametru ce exprimă la ce amplitudine ajunge traseul EMGS în prima milisecundă după trecerea prin 0

Nr. crt.	Numele parametrului	Prescurtarea		Unitatea de măsură	Observații	Explicații
		Română	Engleză			
22	Indicele Bruschețe x Amplitudine medie	IBA	AstI	$mV^2.ms$	<b>Original</b>	Acest indice este cel mai sensibil, cu modificările cele mai ample în timpul instalării oboselii; se obține prin înmulțirea valorilor celor doi parametrii.
23	Raportul Amplitudine medie redresată / Frecvența medie FFT	RAF-FFT	AFR-FFT	$mV/Hz$	<b>Original</b>	Parametru obținut prin raportul celor doi parametrii, cu o mare valoare, mai ales în EEG (Indicele Neșțianu-Bengulescu).
24	Raportul Amplitudine medie redresată / Frecvența medie Burch	RAF-B	AFR-B	$mV/Hz$	<b>Original</b>	Parametru obținut prin raportul celor doi parametrii.
25	Sincronizarea (vârfurilor undelor EMGS de pe 2 canale ce culeg de pe același mușchi)	Sinc	Sync	%	<b>Original pentru EMGS</b>	Reprezintă sincronizarea vârfurilor a două trasee EMGS, într-o fereastră de 200 $\mu s$ , înregistrate simultan, din două porțiuni adiacente de pe același mușchi în activitate, original pentru EMGS (pentru PUM primele înregistrări făcute în anii '40, de către Richard Jung). Se măsoară în procente față de frecvența de pe canalul cu valoarea cea mai mică.
<b>Parametri ai undelor de ordinul II EMGS</b>						
26	Frecvența mediană	Fmed-2	Fmed-2	Hz	<b>Original</b>	Reprezintă frecvența la care spectrul de putere al undelor EMGS de ordinul II (unde care reprezintă anvelopanta undelor EMGS), obținută prin FFT, se divide în două regiuni de arii egale.
27	Frecvența medie	Fav-2	Fav-2	Hz	<b>Original</b>	Reprezintă frecvența medie a spectrului de putere, al undelor EMGS de ordinul II (unde care reprezintă anvelopanta undelor EMGS), obținută prin FFT.
28	Frecvența maximului de putere (Mode freq.)	FSmax-2	FMod-2	Hz	<b>Original</b>	Reprezintă valoarea (în Hz) la care spectrul de putere, al undelor EMGS de ordinul II (unde care reprezintă anvelopanta undelor EMGS), obținut prin FFT, are amplitudinea maximă
29	Energia spectrală maximă	Smax-2	Smax-2	$mV^2/ms$	<b>Original</b>	Reprezintă puterea maximă a spectrului undelor EMGS de ordinul II (unde care reprezintă anvelopanta undelor EMGS), determinată prin FFT.

Nr. crt.	Numele parametrului	Prescurtarea		Unitatea de măsură	Observații	Explicații
		Română	Engleză			
<b>Parametri mecanogramei</b>						
30	Forța musculară medie	Fm	MF	Kgf	-	Reprezintă media tuturor valorilor forței musculare în stantane, obținută în lungul întregii curbe a mecanogramei.
31	Integrala forței	IF	FI	Kgf x s	-	Reprezintă aria de sub curba mecanogramei, față de axele de referință.
<b>Parametri micști EMGS / mecanogramă</b>						
32	Indicele de eficiență a cuplării excitației cu contracția (Forța musculară medie / Frecvența medie FFT)	IECEC	ECCEI	Kgf/Hz	<b>Original</b>	Parametru determinat ca raportul dintre forța musculară (în Kgf) și frecvența medie FFT (în Hz). Valoarea acestuia scade dramatic, odată cu înaintarea în vârstă.
<b>Parametri cardiovasculari</b>						
33	Frecvența cardiacă	FC	CF	bpm	-	Reprezintă valoarea alurii ventriculare.
34	Presiunea arterială sistolică	TAS	SBP	mmHg	-	Reprezintă valoarea presiunii arteriale sistolice.
35	Presiunea arterială diastolică	TAD	DBP	mmHg	-	Reprezintă valoarea presiunii arteriale diastolice.
36	Presiunea arterială diferențială	TD	DP	mmHg	-	Reprezintă diferența dintre valorile presiunii arteriale sistolice, respectiv diastolice.
<b>Parametrii generali</b>						
37	Durata contracției	D	D	ms	-	Reprezintă durata întregii contracții, până la epuizare.
<b>Indici sintetici</b>						
1	Pragul de epuizare totală	PET	PET	%	<b>Original</b>	Exprimă cu câte procente din valoarea interceptului s-a modificat curba de evoluție în timp a unui parametru, până în momentul când, prin epuizare, subiectul întrerupe contracția.
2	PET procentual	PET%	PET%	%	<b>Original</b>	Reprezintă exprimarea valorii PET-lui, procentual, față de valoarea interceptului.

Nr. crt.	Numele parametrului	Prescurtarea		Unitatea de măsură	Observații	Explicații
		Română	Engleză			
3	Integrala pragului de epuizare totală	IPET	IPET	s	<b>Original</b>	Reprezintă aria de sub dreapta de regresie PET, față de axele de referință.
4	Raportul durată contracție / PET	D/PET	D/PET	s	<b>Original</b>	Indice care exprimă cât timp trece pentru ca dreapta de regresie a parametrului studiat, să se modifice cu o unitate a PET.
5	Raportul integrala forței / PET	IF/PET	FI/PET	Kgf.s	<b>Original</b>	Indice care exprimă câtă energie mecanică se dezvoltă pentru modificarea PET cu o unitate.
6	Indicele de similaritate al mecanogramei sau indicele de paralelism	ISM	MSI	grade unghi	<b>Original</b>	Indică dacă oboseala predomină în mușchi din cauze biochimice sau în sistemul nervos ce comandă mușchiul.
7	Indicele de participare la oboseală	IPO	FPI	%	-	Indice care exprimă procentul de participare a fiecărui parametru la modificările induse de oboseală



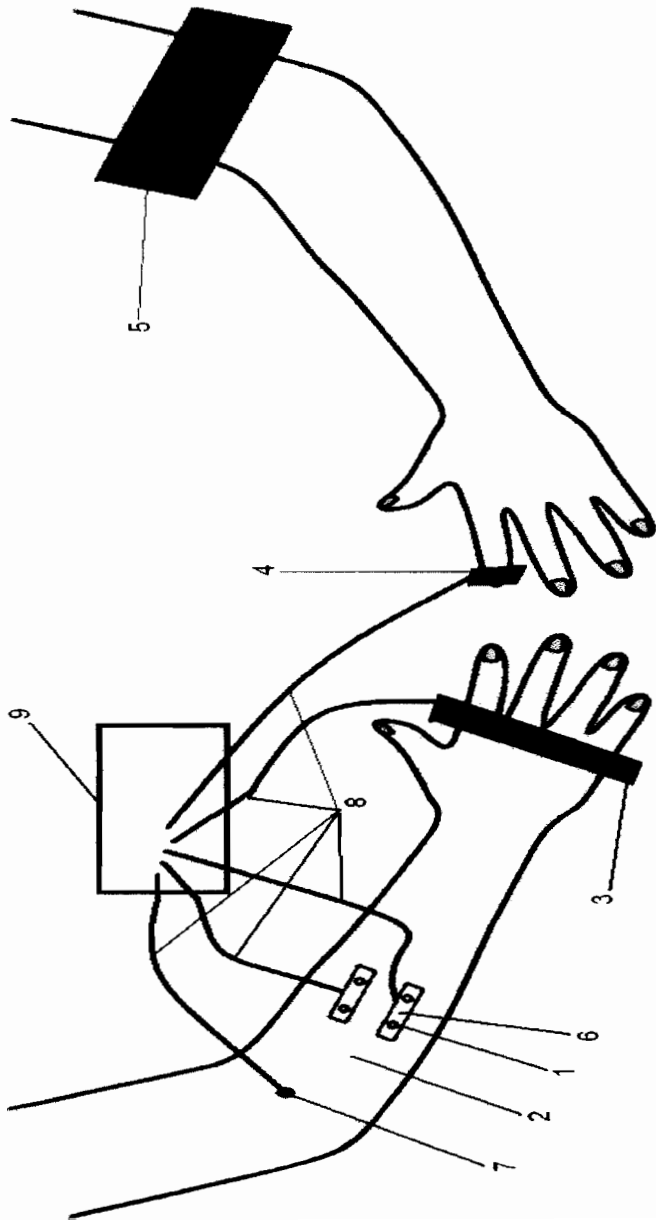


Fig. 3. Modalitatea de aplicare a electrozilor EMGS și ai senzorilor de forță, puls și tensiune arterială

Fig. 4. Traseele EMGS și mecanogramei

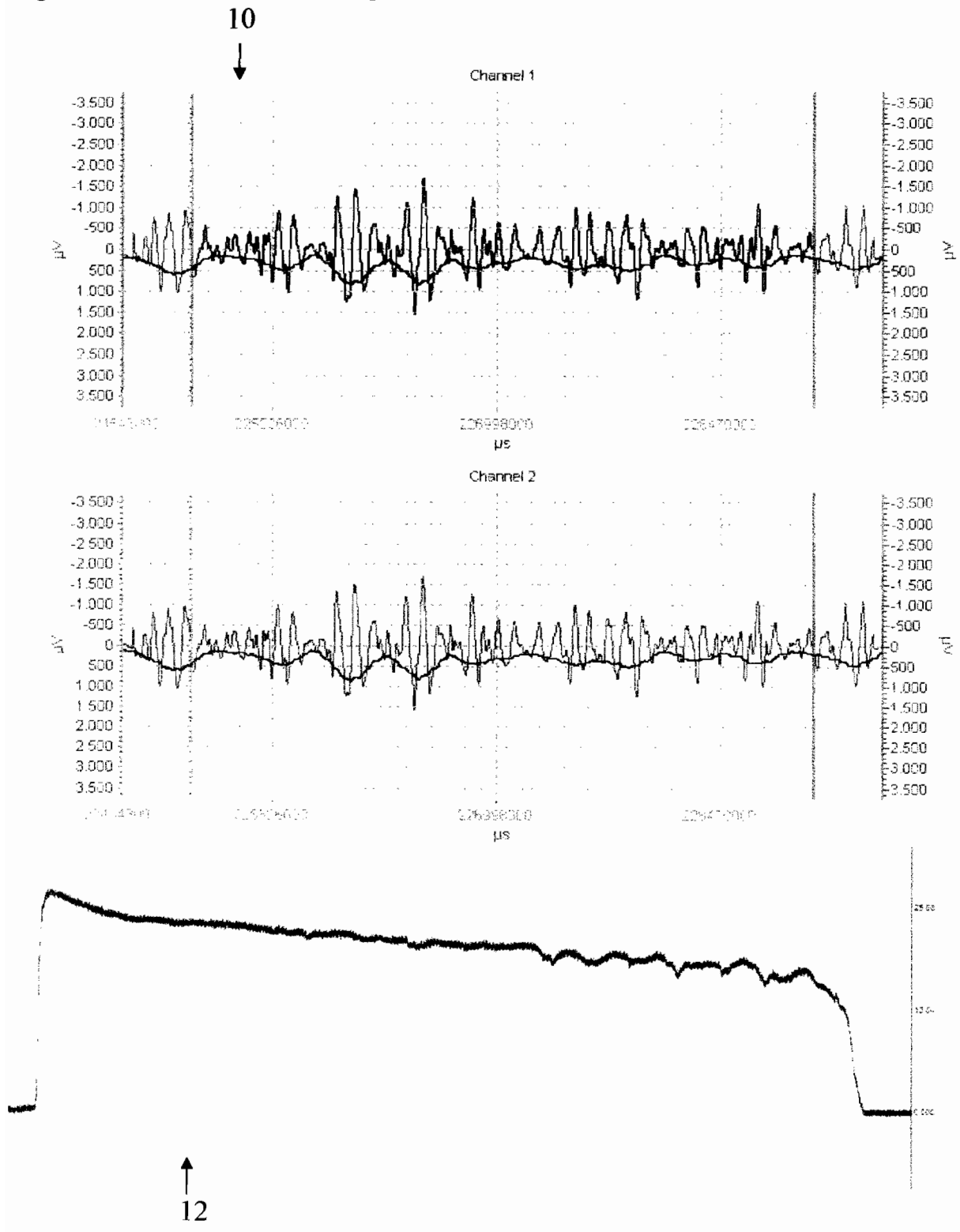


Fig. 5. Exemplu de afișare a rezultatelor obținute prin aplicarea metodei

11

