

I.2. COMPONENTE ELECTRONICE PASIVE

I.2.1. REZISTOARE. CLASIFICARE. CARACTERISTICI PRINCIPALE

Rezistorul este componenta electronică de circuit cu două borne, care are proprietatea potrivit căreia între tensiunea la bornele lui și curentul care-l parcurge, există relația cunoscută sub denumirea de legea lui Ohm:

$$U = RI$$

unde R este mărimea rezistenței rezistorului măsurat în Ohmi (Ω).

Se menționează că, în mod curent, în practică, în locul denumirii de rezistor se folosește denumirea de rezistență.

Relația de definiție a rezistenței electrice este:

$$R = \frac{U}{I}$$

în care: U este diferența de potențial (tensiune) constantă continuă aplicată la capetele rezistorului; I = curentul constant ce străbate rezistorul.

În fig. 1 este reprezentată caracteristica „tensiune-curent” corespunzătoare relației de mai sus. Accastă caracteristică este o linie dreaptă ce trece prin originea axelor de coordonate: panta acestei drepte este egală cu $\frac{1}{R}$. Rezistorul care are o caracteristică „tensiune-curent” liniic dreaptă se numește rezistor liniar.

În fig. 2 sunt prezentate simbolurile grafice pentru rezistoare. Rezistoarele de diverse tipuri și construcții pot fi grupate în funcție de caracteristicile lor principale. După caracteristica tensiune-curent se deosebesc două categorii de rezistor:

– rezistoare liniare, din care fac parte atât rezistoarele cu rezistență fixă cât și rezistoarele cu rezistență reglabilă care au caracteristica „tensiune-curent” liniară;

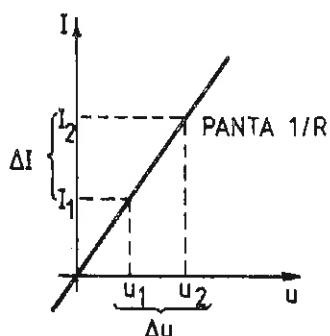


Fig. 1 – Caracteristica „tensiune-curent” a rezistorului.

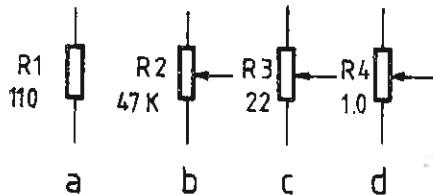


Fig. 2 – Simboluri grafice pentru rezistoare: a – rezistor cu rezistență fixă; b – rezistor cu priză intermediară; c – rezistor cu rezistență reglabilă (reostat); d – potențiometru.

– rezistoare neliniare, din care fac parte rezistoarele cu caracteristica „tensiune-current” neliniară (termorezistoare, fotorezistoare).

După modul constructiv, rezistoarele se împart în două subfamilii:

– rezistoare cu rezistență fixă: sunt rezistoare la care valoarea rezistenței se stabilește în procesul de fabricație și rămâne constantă pe întreaga lor durată de funcționare;

– rezistoare cu rezistență reglabilă: sunt rezistoare a căror construcție permite modificarea valorii rezistenței, în limite stabilite, prin deplasarea pe elementul rezistor a unui contact.

După modul de realizare a elementului rezistiv se disting trei categorii de rezistoare:

– rezistoare bobinate. Sunt construite prin înfășurarea unui fir metalic (conductor) de mare rezistivitate pe un suport izolator;

– rezistoare cu pelicule. Au elementul rezistiv format dintr-o peliculă subțire de material conductor depusă pe un suport izolant. Peliculele pot fi din carbon, tor-carbon, din metale, oxizi metalici sau materiale semiconductoare;

– rezistoare de volum. Au elementul rezistiv construit din întregul corp al rezistorului. Elementul conductor este realizat dintr-un amestec neomogen al mai multor componente, din care una este componentă conductoare.

Rezistoarele se clasifică după modul de protejare al elementului conductor în:

– rezistoare neprotejate;

– rezistoare protejate cu lac;

– rezistoare protejate în materiale plastice;

– rezistoare ermetizate.

După destinație se împart în: rezistoare de uz general și rezistoare speciale profesionale).

Rezistoarele de uz general se folosesc în aparatura electronică de uz general (radioreceptoare, televizoare etc.), unde nu se cer caracteristici și performanțe deosebite.

Rezistoarele cu destinația specială sunt caracterizate prin parametri și performanțe deosebite. Aceștia se împart la rândul lor în următoarele tipuri: rezistoare de precizie, rezistoare de rezistență ridicată, rezistoare de înaltă tensiune, rezistoare de înaltă frecvență și rezistoare miniatură.

Caracteristici principale:

1. *Rezistența nominală* este mărimea rezistenței indicată pe corpul rezistorului.

2. *Puterea nominală de disipație* este puterea maximă (în curent continuu sau în curent alternativ) pe care o poate disipa rezistorul în condiții de mediu extenuator determinate (aer cald, $T = +25^\circ\text{C}$), timp îndelungat, fără ca rezistența nominală să se modifice în afara prevederilor din norme sau standarde. Această putere nominală depinde de dimensiuni, construcție, materiale utilizate și condițiile în care se răcește.

Supunerea rezistorului la puteri mai mari decât puterea nominală duce la fenomene ca: variația inadmisibilă a parametrilor săi, reducerea duratei de folosință sau distrugerea elementului rezistiv.

Valorile uzuale sunt: 0,1; 0,125; 0,2; 0,25; 0,3; 0,5; 1,0; 2; 5 și 10 W pentru rezistoarele cu rezistență fixă, 0,5; 1 și 2 W pentru rezistoarele cu rezistență variabilă.

3. **Tensiunea nominală** reprezintă tensiunea care poate fi aplicată la bornele rezistorului în condiții normale ale mediului înconjurător fără ca rezistorul să se distrugă. Mărimea tensiunii nominale depinde de dimensiunea și construcția rezistorului, de proprietățile elementului rezistiv și de puterea și construcția rezistorului, de proprietățile elementului rezistiv și de puterea sa nominală. În practică cele mai uzuale valori pentru tensiunea nominală sunt: 150; 200; 250; 350; 500; 750; 1 000 V.

Pentru rezistoare de mică rezistență, tensiunea nominală se limitează de procesul de încălzire care apare în rezistor când prin el trece curent electric.

Pentru rezistoare cu valori relativ mari ale rezistenței electrice, care lucrează în aer, influența principală asupra tensiunii de lucru o are străpungerea care poate apărea între terminalele rezistorului și chiar între spirele alăturate ale elementului conductor.

Tensiunea corespunzătoare puterii nominale de disipație P_n poate fi determinată din relația:

$$U = \sqrt{P_n R_n}$$

unde R_n este rezistența nominală a rezistorului.

Tensiunea la care se încearcă rezistoarele, $U_{probă}$, este mai mare decât tensiunea nominală; de obicei:

$$U_{probă} = (1,5 - 2)U_n$$

4. **Rezistența rezistorului în curent alternativ** diferă de valoarea rezistenței rezistorului măsurată în curent continuu datorită: 1. prezenței capacității și inductanței distribuite pe lungimea elementului rezistiv; 2. efectelor de suprafață și 3. pierderilor dielectrice în suportul (carcasa) rezistorului și în structurile de protecție.

În figura 3 se prezintă schema echivalentă a unui rezistor real și variația rezistenței sale, măsurată în curent continuu, cu variația frecvenței. Rezistența totală a rezistorului în curent alternativ (numită și impedanță) și în special la frecvențe înalte, are un caracter complex și variază cu modificarea frecvenței, rezistorul real comportându-se în acest caz în parte ca o inductanță și în parte ca o capacitate.

Rezistoarele bobinate se caracterizează prin valori mari ale capacității și inductanței și, din acest motiv, chiar și la frecvența de ordinul kilohertzilor rezistența lor totală scade semnificativ; pentru aceste rezistoare, mărimele capacității proprii și ale inductanței proprii depind de modul de bobinare, numărul spirelor, precum și de forma și construcția bobinei.

Rezistoarele nebobinate au valori mult mai mici pentru capacitatea și inductanța lor proprie și de aceea ele pot fi utilizate la frecvențe mult mai mari (de ordinul sutelor și miilor de MHz).

Inductanța elementului rezistiv depinde de forma și de dimensiunile lui; ea este cu atât mai mare cu cât lungimea rezistorului este mai mare și cu cât diametrul lui este mai mic.

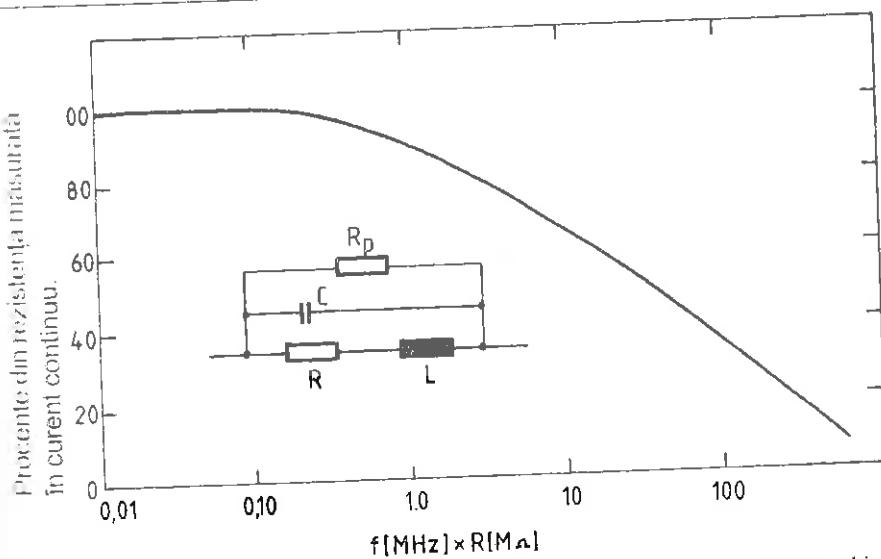


Fig. 3 - Schema echivalentă a unui rezistor real: R – rezistența rezistorului; R_p – rezistență echivalentă cu pierderi; L – inductanță proprie; C – capacitatea proprie și variația rezistenței lui nominale cu frecvența.

Capacitatea proprie depinde de forma și dimensiunile rezistorului și de permisivitatea dielectrică a carcasei și a stratului de protecție. Cu cât rezistorul este mai lung și diametrul lui mai mic și cu cât permisivitatea dielectrică a carcasei și a stratului de protecție este mai mică, cu atât capacitatea distribuită va fi mai mică; orientativ se poate considera că pentru rezistoarele uzuale, ea este în limitele 0,05–0,15 pF pe 1 cm lungime.

5. *Tensiunea de zgromot* este valoarea eficacă a tensiunii aleatoare (întâmpinătoare) care apare la bornele rezistorului parcurs de un curent continuu. Apariția tensiunii de zgromot este datorată mișcării termice a electronilor și trecerii fluctuante a curentului electric prin particulele materialului conductor.

Raportul între tensiunea de zgromot și tensiunea de curent continuu aplicată la bornele rezistorului definește factorul de zgromot al rezistorului care se exprimă în dB/V/V sau în decibeli (dB).

6. *Stabilitatea* valorii rezistenței electrice a rezistorului este supusă acțiunii unor factori ca: temperatura, umiditatea, îmbătrânirea, tensiunile aplicate etc. Modificările de rezistență electrică se exprimă de obicei în procente pentru 1 000 ore de funcționare. Variațiile rezistenței electrice pot fi reversibile sau ireversibile.

7. *Siguranța în funcționare*. Deoarece în echipamentele electronice rezistoarele se utilizează în proporții de aproape 50% din numărul componentelor schemelor, aproape un sfert din defectările acestor echipamente se datorează defectării rezistoarelor. Cele mai frecvente cauze de defectare a rezistoarelor sunt: surgerarea și deteriorarea contactelor (>50%), supraîncălzirea (arderea) rezistorului (35–40%) și modificarea rezistenței (8–10%).

Defectările rezistoarelor au cauze multiple care țin atât de construcția și tehnologia de realizare insuficient stăpânite, cât și de exploatarea lor necores-

punzătoare în montaje (suprasarcini electrice, supraîncălziri de la mediul înconjurător, montaje înghesuite etc.).

Pentru creșterea siguranței în funcționare a rezistoarelor se utilizează regimuri de lucru (putere și tensiune) care să le asigure o răcire convenabilă.

I.2.2. CONDENSATOARE. CLASIFICARE. CARACTERISTICI PRINCIPALE

Condensatorul electric este un dispozitiv compus din două plăci conductoare (armături) despărțite printr-un dielectric; el are proprietatea de a acumula sarcini electrice. La conectarea condensatorului sub tensiune de curent continuu, pe armături apar sarcini de valori egale și de semn contrar, care rămân și după deconectarea lui.

Capacitatea este principala caracteristică a condensatorului. Cantitatea de electricitate care se acumulează pe armăturile unui condensator, când acesta se supune unei diferențe de potențial, depinde de dimensiunile geometrice ale condensatorului și de tensiunea aplicată.

Se numește capacitate C raportul dintre cantitatea de electricitate Q și diferența de potențial U :

$$C = \frac{Q}{U}$$

Unitatea de măsură a capacității este faradul (F), definit ca fiind capacitatea condensatorului care, la o diferență de potențial de 1 volt acumulează o cantitate de electricitate de 1 coulomb (C). Faradul este o unitate de măsură foarte mare și se utilizează foarte rar; cel mai frecvent se folosesc submultiplii faradului: microfaradul (μF), nanofaradul (nF) și picofaradul (pF).

$$1F = 10^6 \mu F = 10^9 nF = 10^{12} pF$$

Capacitatea unui condensator plan în vid depinde numai de dimensiunile sale geometrice și este dată de relația:

$$C = 0,0884 \frac{A}{d}$$

unde: C este capacitatea condensatorului, în pF ;

A – suprafața activă a armăturilor, în cm^2 ;

d – distanța dintre armături, în cm.

Dacă între armăturile condensatorului se introduce un dielectric (fig. 4) se constată că la aceeași diferență de potențial, ca și în cazul condensatorului cu vid, se obține o cantitate de electricitate mai mare între armături, deci capacitatea condensatorului crește. Raportul dintre capacitatea condensatorului cu dielectric între armături, C și capacitatea condensatorului în vid, C_{vid} se numește permisivitatea dielectricului sau constantă dielectrică, notată cu ϵ .

Capacitatea condensatorului plan cu un dielectric oarecare poate calcula cu relația:

$$C = 0,0884 \frac{\epsilon A}{d}$$

În scheme electrice condensatoarele se notează prin simbolul din fig. 5.

Condensatoarele utilizate în echipamentele electronice se împart în condensatoare cu capacitate fixă, condensatoare cu capacitate variabilă și condensatoare cu capacitate semireglabilă.

Condensatoarele cu capacitate fixă sunt componente cu o largă utilizare în circuitele electronice. Din acest motiv, în prezent se fabrică în producția de mare varietate de condensatoare standard.

După natura dielectricului, se face o clasificare a condensatoarelor cu capacitate fixă,

- condensatoare cu dielectric gazos;
- condensatoare cu dielectric solid;
- cu dielectric neorganic (mică; ceramică; sticlă; sticlă-email; sticlă-nică);
- cu dielectric organic (hârtie; pelicule sintetice din polistiren, mylar, etc.);
- condensatoare cu dielectric din oxizi (condensatoare electrolitice cu titiu, condensatoare electrolitice cu tantal).

Condensatoarele cu capacitate variabilă se utilizează în special pentru acordul circuitelor oscilante. Aceste condensatoare nu sunt complet standardizate. Condensatoarele cu capacitate semireglabilă se utilizează în circuitele care necesită valori fixe la valori odată pentru totdeauna sau necesită reglarea periodică a capacitatii. Unele tipuri de condensatoare din această categorie sunt standardizate și se fabrică în producție de serie.

Condensatoarele cu capacitate fixă de obicei se realizează cu dielectric solid (ceramică, hârtie, pelicule sintetice, mică), iar condensatoarele cu capacitate variabilă au dielectricul aer și materiale plastice.

Așa cum am prezentat la rezistoare, și condensatoarele sunt caracterizate prin parametri specifici. Dintre parametrii principali amintim: capacitatea nominală

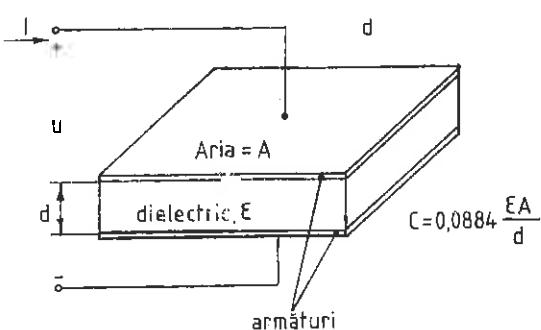


Fig. 4 - Condensator plan.

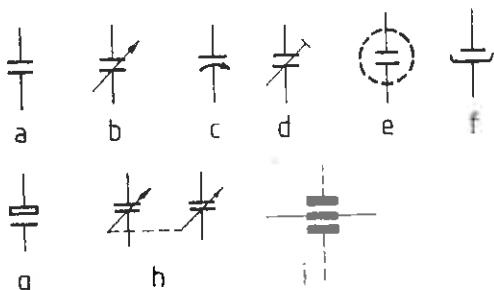


Fig. 5 - Simboluri utilizate pentru reprezentarea condensatoarelor în scheme: a - simbol general al capacității sau al condensatorului fix; b - condensator cu capacitate variabilă; c, d - condensator ajustabil (trimer); e, f, g - condensator electrolitic; h - bloc de condensatoare cu capacitate variabilă (condensatoare variabile duble); i - condensator de trecere.

și toleranță; rigiditatea dielectrică; rezistența la izolație; pierderile dielectrice; inductanța proprie; stabilitatea și siguranța în funcționare. Acești parametri au importanță lor și sunt tratați cu atenție de constructori. Vom analiza în continuare pentru o mai bună înțelegere a condensatoarelor numai parametrul inductanța proprie.

Inductanța proprie. Pe lângă capacitate, condensatorul posedă și inductanță, formată din inductanța proprie a condensatorului și din inductanța conexiunilor.

Inductanța proprie a condensatorului depinde de dimensiunile elementului capacitive (de exemplu bobina în cazul condensatoarelor cu armături bobinate), de dispunerea acestuia în raport cu corpul metalic (cazul condensatoarelor închise în cutii metalice) și de modul de conectare a terminalelor de armături; cu cât sunt mai mici dimensiunile condensatorului și cu cât terminalele sunt mai scurte și mai groase, cu atât inductanța proprie a condensatorului este mai mică.

Existența inductanței modifică mărimea capacității (echivalente), conduce la dependența ei de frecvență și la apariția fenomenului de rezonanță în condensator. Toate aceste defecți influențează comportarea normală a condensatorului în circuit.

În fig. 6 a se prezintă schema electrică echivalentă simplificată a condensatorului. La rezonanță, adică la frecvența $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, impedanța acestui circuit

este minimă și egală cu rezistența activă de pierderi; în afara frecvenței de rezonanță impedanța (condensatorului) este mai mare și are și caracter reactiv (fig. 6 b), la frecvențe (mai) joase capacativ și la frecvențe (mai) înalte inductiv.

Condensatoarele trebuie utilizate la frecvențe mult mai mici decât frecvența lor proprie de rezonanță (frecvența de lucru să fie de 2–3 ori mai mică decât frecvența de rezonanță), domeniu în care au comportare de condensatori, componentă inductivă fiind practic neglijabilă. Cunoașterea frecvenței maxime de lucru a celor mai utilizate tipuri de condensatoare este esențială pentru electronist.

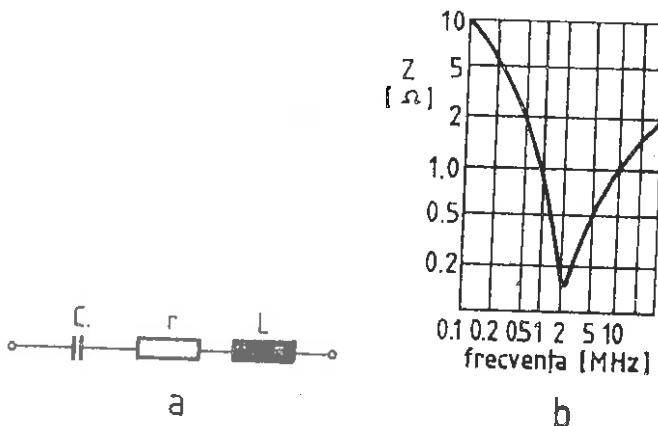


Fig. 6 – Schema electrică echivalentă simplificată a condensatorului (a) și variația impedanței lui cu frecvența (b).

Vom da exemplu de frecvențe maxime până la care se pot utiliza unele tipuri de condensatoare:

- condensatoare ceramice disc (de gabarit mic): 2 000–3 000 MHz;
- condensatoare cu capacitate variabilă (de gabarit redus): 300–400 MHz;
- condensatoare cu hârtie (de mare capacitate): 1–2 MHz;
- condensatoare electrolitice cu aluminiu: 0,01 MHz.

Micșorarea inductanței condensatorului se realizează prin: 1. reducerea dimensiunilor de gabarit ale condensatorului; 2. realizarea terminalelor din benzi nu din sârmă și 3. scurtarea lungimii terminalelor.

I.2.3. BOBINE ELECTRICE. CLASIFICARE. CARACTERISTICI PRINCIPALE

Bobinele electrice sunt componente electronice constituite dintr-un sistem de spire în serie din material conductor care înlățuiesc același circuit magnetic. Ele sunt în general utilizate fie pentru a produce o anumită tensiune magnetomotoare (când spirele sunt parcuse de curent electric), fie pentru a fi sediul unei tensiuni electromotoare induse (când circuitul magnetic e străbătut de flux magnetic variabil în timp). Atât tensiunea magnetomotoare produsă în bobină la curent electric dat, cât și tensiunea electromotoare induză în bobină la variația în timp dată de fluxul ei magnetic, sunt proporționale cu numărul de spire ale bobinei.

Constanta de proporționalitate se numește inductanță bobinei, se notează cu litera L și se definește cu relația:

$$\Phi = L \cdot i$$

în care: Φ este fluxul magnetic;

i – curentul electric.

L se mai numește și autoinductanță sau inductanță proprie. Unitatea de măsură a inductanței se numește Henry (H); în practică se folosesc și unitățile milihenry (1mH = 10^{-3} H), microhenry (1mH = 10^{-6} H) și nanohenry (1nH = 10^{-9} H).

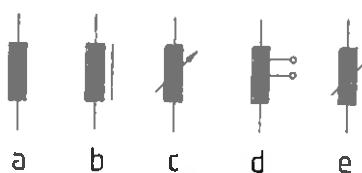
În schemele electrice bobinele se notează ca în fig. 7. După natura circuitelor magnetice se deosebesc două tipuri de bobine:

- bobina fără miez, care este asociată cu un circuit magnetic care nu conține materiale feromagnetice; în forma cea mai simplă, ea se realizează cu un conductor bobinat într-un singur strat pe suprafața unui cilindru circular drept și se numește solenoid;

- bobina cu miez, care este asociată unui circuit magnetic care conține materiale feromagnetice: fier moale, oțel aliat, aliaj de nichel sau cobalt, ferite etc.

După forma și așezarea spirelor se deosebesc: bobine plate, bobine toroidale, bobine fagure, bobine în galeți sau sectionate etc.

Fig. 7 – Simboluri folosite în scheme pentru bobine.



După frecvențele de lucru, bobinele se clasifică în: bobine de frecvență industrială, bobine de joasă frecvență, bobine de înaltă frecvență.

După numărul de straturi ale înfășurării se deosebesc bobine cu un strat și bobine cu mai multe straturi.

Caracteristici principale. Dintre principalele caracteristici ale bobinelor electrice se amintesc: inductanță, factorul de calitate, capacitatea proprie, stabilitatea și siguranța în funcționare.

În continuare vom trata caracteristica principală: inductanță.

Inductanță. În funcție de utilizare, inductanța bobinelor folosite în echipamente electronice variază în limite largi, de la câțiva nanohenry la zeci și sute de milihenry.

Destinația bobinei impune precizia de realizare a inductanței: în jurul a 1% și 2% pentru bobinile destinate circuitelor acordate și 10–20% pentru bobinile de cuplaj sau pentru bobine de înaltă frecvență care lucrează la frecvențe mult diferite de frecvență de rezonanță. Relația:

$$L = \frac{4\pi N^2 S}{1}$$

unde inductanța (cu precizie 1–2%) unei bobine de lungime 1 (lungimea este de 20–30 ori mai mare ca diametrul), cu secțiunea S și numărul de spire N.

În realitate, lungimea bobinii este comparabilă cu diametrul ei (D); prin aceasta câmpul magnetic la capetele bobinei se curbează și un număr mai mic de spire este înălțuit de fluxul magnetic, fapt care duce la reducerea inductanței; pentru acest caz relațiile de calcul sunt complicate și de aceea pentru simplificare în formula practică de calcul menționată mai sus se introduce coeficientul „a”, a cărui valoare depinde de raportul 1/D. În acest caz, formula de calcul a inductanței devine: $L = aN^2 D 10^{-3}$, unde L se obține în μH (D în cm și coeficientul „a” din tabele).

I.2.4. TRANSFORMATOARE ȘI ȘOCURI DE ALIMENTARE

În circuitele de joasă frecvență și de frecvență industrială ale echipamentelor electronice au o largă utilizare bobinile cu inductanță mare (de ordinul zecilor sau chiar sutelor de henry), prin care trec curenti importanți. Aceste bobine, realizate cu miez magnetic (oțel electrotehnic, ferită, permalloy etc.) pentru a nu avea dimensiuni mari, sunt șourile de alimentare și transformatoarele.

Transformatoarele sunt componente electromagnetice bazate pe fenomenul de inducție electromagnetică, construite pentru a primi puterea electrică sub intensitatea I_p și tensiunea U aplicată unui circuit zis primar și a o redă sub o tensiune U_s și o intensitate I_s , la bornele unui circuit secundar. Transformatoarele se reprezintă în scheme ca în fig. 8.

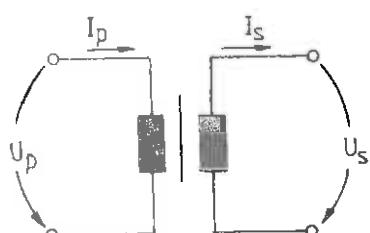


Fig. 8 - Reprezentarea transformatorului în scheme.

În funcție de destinație, transformatoarele se împart în transformatoare de alimentare și transformatoare de semnal. Transformatoarele de alimentare se realizează în blocurile de redresare pentru obținerea de tensiuni de valori diferite. Tot de la aceste transformatoare se alimentează circuitele de încălzire a tuburilor electronice, electromotoarele etc. Dintre transformatoarele de semnal, cele mai importante sunt transformatoarele de adaptare, folosite pentru modificarea impedanței circuitelor de intrare, de ieșire și de cuplaj, precum și transformatoarele de impulsuri, destinate transmiterii impulsurilor în circuitele unde apare necesitatea unei izolații galvanice între circuite.

Cu toate că în industrie se folosesc o gamă largă de transformatoare și şocuri de alimentare normalizate/standardizate, la realizarea echipamentelor electronice apare adesea necesitatea construirii unor tipuri speciale.

Constructiv, orice tip de transformator și șoc de alimentare constă din circuit magnetic (miez magnetic), bobină și armături de fixare.

Se folosesc trei configurații de miezuri (fig. 9): în manta, cu coloane, toroidale. În funcție de tehnologia de execuție, miezurile se realizează din tole ștanțate, din benzi și presate. Bobinajul se realizează din conductoare de cupru (frecvent) și aluminiu cu secțiune rotundă sau dreptunghiulară izolate cu email, bumbac sau ematase. Bobinarea se poate face în straturi sau neregulat pe un suport numit carcăsă, care trebuie să permită montarea ușoară la locul de utilizare. Materialul carcăsei trebuie să prezinte o bună rigiditate dielectrică și rezistență mecanică. Materialele cele mai utilizate sunt: prespanul, pertinaxul, textolitul, polietilena etc. Pentru protecția climatică și pentru creșterea rigidității dielectrice, bobinele transformatoarelor se impregnează.

Întrucât echipamentele electronice de gabarite mici sunt construite cu tranzistoare și circuite integrate cărora le sunt caracteristice curenti mici la funcționare și tensiuni cedorâte de alimentare, în prezent se realizează transformatoare

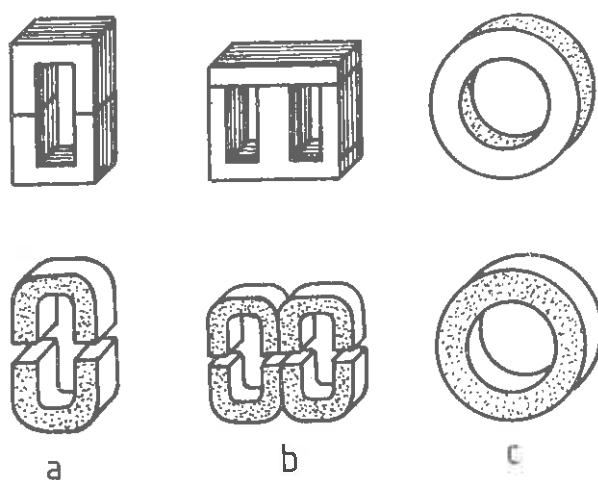


Fig. 9 -- Tipuri de miezuri magnetice: a -- cu coloane; b -- în manta; c -- toroidale.

de dimensiuni mici. Reducerea dimensiunilor este posibilă prin utilizarea de materiale cu permeabilitate magnetică mare, miezuri cu forme netraditionale și conductoare pentru bobinaje cu secțiune mică ($d \approx 50 \mu$) cu strat de izolație subțire între spire, precum și prin folosirea de carcase pentru bobine cu grosimi minime.

I.2.5. ALTE COMPOONENTE PASIVE

– Comutatoare: sunt componente mecanice de circuit, folosite pentru schimbarea legăturilor unor porțiuni de circuit prin altele sau pentru modificarea succesivă a conexiunilor unuia sau ale mai multor circuite.

– Conectoare: sunt componente electronice de circuit utilizate pentru realizarea unor legături electrice conductoare demontabile între blocuri, subansamblu, cablaj etc.

– Releu: sunt componente electronice de circuit utilizate pentru realizarea unor funcții logice. Releul stabilăște sau întrerupe o serie de circuite prin acționarea unui număr de contacte care se închid sau se deschid sub acțiunea forțelor exercitate asupra armăturii (partea mobilă). Cel mai folosit releu este releul electromagnetic. Destinat pentru comutarea circuitelor electrice în echipamentele electronice, aparatură de automatizare etc. este alcătuit din trei părți principale: electromagnetul, armătura și contactele electrice. Din punct de vedere constructiv întâlnim: releu electromagnetic de curent continuu, releu magnetic de curent alternativ, releu electromagnetic polarizat și releu de comandă prin câmp magnetic.

– Cablaje imprimate: utilizarea lor constituie azi o tehnică universală de (inter)conectare a componentelor electronice atât în echipamentele electronice profesionale cât și în cele de larg consum. Producția de cablaje imprimate a crescut vertiginos întrucât ele prezintă următoarele avantaje:

1) permit reducerea volumului și masei echipamentelor prin creșterea densității de montaj a componentelor electronice, 2) contribuie la creșterea siguranței în funcționare a echipamentelor prin micșorarea numărului firelor de legătură între componente electronice, 3) contribuie la simplificarea operațiilor de asamblare și la reducerea timpului de execuție, permîțând automatizarea lor în cazul unei producții de serie, 4) contribuie la miniaturizarea montajelor electronice și deci a echipamentelor, 5) fac posibilă unificarea și standardizarea construcției blocurilor electronice funcționale care intră în componența echipamentelor electronice și asigură interconectarea ușoară a acestora.

– Componente pasive pentru microunde: sunt folosite în tehnica frecvențelor foarte înalte (adică a undelor decimetrice, centimetrice și milimetrice), cuprinse în gama 0,3–300 gigaherți (GHz), tehnică care a căpătat în ultima vreme o dezvoltare rapidă, găsindu-și aplicare în cele mai diverse domenii ale tehnicii: telecomunicații prin radiorelee și prin sateliți, în industrie, medicină, biologie, în calculatoare electronice etc. După proprietățile electrice, componentele pasive pentru microunde se împart în: componente reciproce (ghiduri, atenuatoare, filtre, circuite de adaptare, defazori etc.) și componente nereciproc (izolatori, circulatori, giratori).

Instructiv aceste componente se realizează în următoarele variante tehnologice: ghiduri metalice, componente cu pelicule subțiri sau gazoase, componente cu constante concentrate.

I.3. COMPONENTE ELECTRONICE ACTIVE

I.3.1. NOTIUNI DE BAZĂ ASUPRA TUBURILOR ELECTRONICE

I.3.1.1. TUBUL ELECTRONIC. EMISIA ELECTRONICĂ

Mișcarea electronilor:

Un *tub electronic* poate fi privit ca un ansamblu de electrozi pe care se aplică diferențe de tensiuni. Între acești electrozi circulă curenți electrici. Ansamblul de electrozi se plasează într-o incintă etanșă numită balon, în care fie se face vid, fie se găsește un gaz la o presiune bine determinată de caracteristicile cerute tubului. În cazul în care interiorul balonului, care poate fi de sticlă sau metalic, este vid, vorbim de tuburi electronice cu vid, iar în cazul în care se găsește un gaz, de tuburi electronice cu gaz.

Urmărind fig. 10, se va analiza mai detaliat, structura unui tub electronic.

Această structură, deși este idealizată, se apropie mult de structura reală.

Electrodul numit catod are rolul de a produce electronii a căror mișcare va determina curentul ce circulă între electrozi. Celălalt electrod important este anodul care colectează cea mai mare parte a electronilor emisi de catod. Între anod și catod se găsesc alți electrozi, denumiți grile.

Între interiorul unui tub electronic au loc două procese fundamentale, procese care condiționează de fapt funcționarea tubului. Aceste procese sunt:

- 1) producerea de electroni de către catod, numită emisie electronică.
- 2) deplasarea (mișcarea) electronilor de la catod la anod.

Emisia electronică. Structural, un metal poate fi privit ca fiind format dintr-un „schelet“ de ioni pozitivi, în jurul cărora există un mare număr de electroni

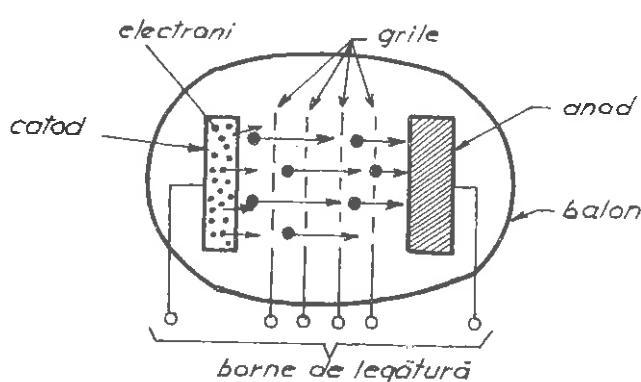


Fig. 10 – Structura idealizată a unui tub electronic.

accelerează circulația venoasă de la extremitățile inferioare și de la organele sistemului portal către inimă, favorizează transportul săngelui arterial către plămâni și extremitățile superioare, precum și viteza săngelui venos de la inimă către plămâni.

Acste acțiuni descrise selectiv nu sunt general-valabile, ci se produc individualizat după reacția specifică a fiecărui bolnav la tipul de galvanizare aplicată.

Din enumerarea descriptivă a principalelor acțiuni fiziologice ale aplicațiilor de curenț galvanic, se desprind și principalele efecte terapeutice:

- analgetic (antialgic), prin scăderea excitabilității nervoase la nivelul poluș pozitiv și prin resorbția metabolitilor din procesele inflamatorii;
- stimulare neuro-musculară la nivelul electrodului negativ;
- reglare a modificărilor de excitabilitate a sistemului nervos central, în funcție de modul de aplicație;
- reglare nespecifică a constelației neuro-vegetative;
- biotrophic prin îmbunătățirea loco-regională a irigațiilor sanguine și creșterea difuziunii intratisulare;
- vasodilatator prin hiperemia reactivă la nivelul circulației superficiale și profunde.

III.5. MODALITĂȚI DE APLICARE ALE GALVANIZĂRILOR

Galvanizarea (specificată de autorii germani ca „stabilă“ sau „constantă“ spre a o deosebi de vechea metodă de galvanizare mobilă) poate fi aplicată în multe feluri;

A – Cu ajutorul unor electrozi sub formă de plăci de diferite dimensiuni;

B – Ca baic hidroelectrolitică (galvanică);

a) baic parțială (patru-cellulară);

b) baic completă sau generală (Stanger).

C – Iontoforeza (ionogalvanizarea) – metoda de introducere a unor substanțe medicamentoase prin tegument, cu ajutorul curențului galvanic.

III.5.1. GALVANIZAREA SIMPLĂ

Electrozii utilizați sunt confectionați din plăci metalice (cel mai adesea din plumb laminat) de diferite dimensiuni, alese în funcție de regiunea pe care se aplică și de efectele de polaritate pe care le urmărim (pozitive sau negative).

În funcție de efectul terapeutic urmărit se pot aplica doi electrozi de mărime egală (metoda bipolară) sau de mărime diferită. În prima eventualitate, când electrozii sunt așezăți față în față între ei se formează un câmp cu liniile de forță paralele, iar densitatea este egală pe toată aria electrozilor. În a doua eventualitate densitatea liniilor de forță va fi mai mare la nivelul electrodului mic, care devine activ, celălalt rămânând indiferent. Alegera polarității polului activ-pozițiv sau negativ – va fi în funcție de efectul urmărit (analgezic sau excitant).

Cum am arătat, dimensiunile electrozilor se aleg în funcție de regiunea tratată. În mod obișnuit au forme dreptunghiulare și mărimi variabile, între circa 50 cm^2 și 3 cm^2 ($6 \times 8\text{ cm}$, $8 \times 10\text{ cm}$, $10 \times 15\text{ cm}$, $8 \times 40\text{ cm}$, $8 \times 80\text{ cm}$ etc.).

Există electrozi de forme deosebite utilizati în anumite aplicații: pentru ochi sunt montați în ocherale speciali pentru aplicații transorbitare (fig. 111) pentru hemișață se folosește Bergonié utilizată în tratarea parezelor de nerv facial și a nevralgiilor de la șeimen (fig. 112), pentru ceafă aplicații pe zona reflexogenă denumită „gulerul teriac“, care influențează favorabil sistemul nervos vegetativ.

Legat de efectele terapeutice urmărite, considerăm util a se ține seama de dimensiunile aprecierii: pentru obținerea unor efecte analgetice, electrodul pozitiv trebuie să fie de dimensiuni mai reduse – devenind activ, iar cel de-al doilea – indiferent – să fie plasat, pe cât posibil, distal de anod și la o distanță nu prea mare; pentru obținerea unor efecte vasodilatatoare, electrozii trebuie să fie lungi (cu durată lungă a ședinței de aplicație).

În practica terapeutică se utilizează două modalități de așezare a electrozilor:

- transversal, de o parte și de alta a regiunii afectate, pe care o încadrează în față în față (de exemplu la umăr, genunchi, gleznă etc.) (fig. 113);
- longitudinal, cu electrozii plasați la distanță, la extremitățile segmentului tratat (de exemplu la braț, gambă, membrul inferior etc.) (fig. 114).

Acestei ultime modalități de aplicație i se aduc critici asupra eficacității terapeutice, cunoșcându-se faptul că segmentele lungi, având un diametru proporțional mic, opun o rezistență mare față de curent (cu polarizare mare tisulară); în aceste condiții este necesară o tensiune foarte mare a curentului și o intensitate considerabilă, incompatibilă cu aplicația.

Unul din elementele importante în aplicațiile de galvanoterapie îl constituie obligativitatea folosirii unui strat hidrofil intermedian între electrod și tegument, cu caracter izolant, în scopul contracarării efectelor polare produse sub electrozi și preventiei arsurilor cutanate. Acesta poate fi confectionat din pânză (țesătură cu ochiuri), tifon, frotir etc., având o grosime de 1–1,5 cm sau din burete poros de cauciuc sau textură sintetică, cu o grosime de 2 cm. Materialul folosit nu trebuie să prezinte cufe, festoane sau înădături și trebuie să depășească cu circa 3 cm întreg conturul electrodului. Acest material hidrofil se umezește bine cu apă călduță, se moare suficient – până nu se mai scurge apa – și se aplică bine întins pe regiunea tratată. Materialul utilizat va fi spălat cu apă distilată după fiecare întrebunțare, și la 2–3 zile va fi sterilizat prin fierbere. Burcăii vor fi spălați cu apă caldă și săpun după fiecare bolnav tratat. La anumite intervale, materialul hidrofil trebuie schimbat, în funcție de texturile utilizate.

Aceste măsuri sunt necesare pentru îndepărtarea ionilor paraziți produși de disocierea electrolitică a apei.

Intensitatea curentului aplicat. Dozarea intensității arc o importanță capitală în aplicarea procedurilor de galvanoterapie. Intensitatea este în strânsă dependență de sensibilitatea și toleranța individuală, efectele terapeutice urmărite, stadiul de evoluție al afecțiunii, mărimea electrozilor, durata aplicațiilor.

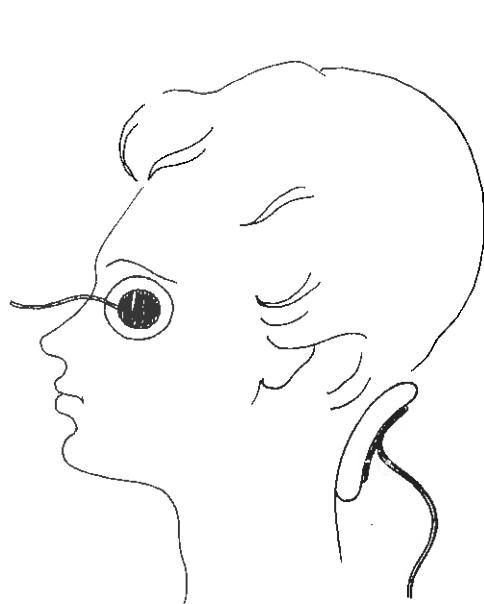


Fig. 111 – Aplicații transorbitare.



Fig. 112 – Masca Bergonić.

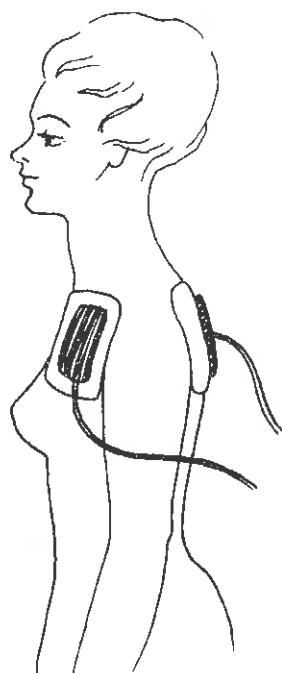


Fig. 113 – Galvanizare transversală.

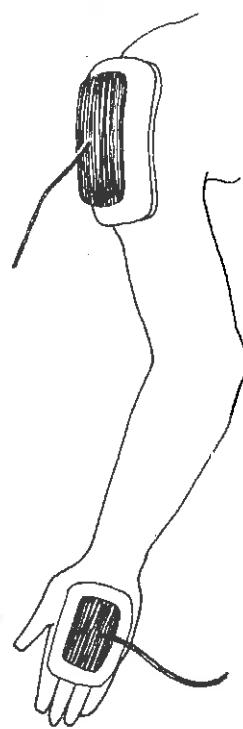


Fig. 114 – Galvanizare longitudinală.

Sensibilitatea cutanată la curent este diferită de la individ la individ, existând persoane mai sensibile și altele mai puțin sensibile în limite fiziolegice. Mai mult, una și același persoană, sensibilitatea este diferită pe suprafețele corporale: mai mare pe părțile mediale și flexoare și mai mică pe cele laterale și extensoare.

Pe lângă aceasta, în practică putem să întâlnim cazuri prezentând hiperestezie sau hipoestezie cutanată. La cele dintâi, vom doza intensitatea la „pragul“ de toleranță al regiunii respective; la cei cu hipoestezie se va testa „pragul“ pe zonele de sensibilitate normală din vecinătate sau alte regiuni (simetrice), urmărindu-se atenție reacția cutanată produsă.

Prin „prag de sensibilitate“ înțelegem producerea senzației de furnicături sauare cu o anumită intensitate, la introducerea lentă a curentului (O. Gillert). La pacienții mai sensibili se recomandă dozarea intensității sub „pragul sensibil de senzație“. Odată cu scurgerea timpului sau cu repetarea ședințelor, va putea crește toleranța individuală la curent și acesta se va putea doza la nivelul „pragului sensibil“ și peste „prag sensibil“.

Doza de intensitate maximă pe care o suportă pacientul este limita de toleranță a curentului, care nu trebuie depășit. În cazul apariției senzațiilor de înțepături, dresuni, căldură sau arsuri, intensitatea curentului se reduce la zero, se va controla rezilierarea electrozilor și – după caz – se va corecta. Se recomandă ungerea locului cu o vaselină, pomadă calmantă și se va doza cu intensitate „la prag“ sau „sub prag“.

În general, putem să ne orientăm în practică după experiența acumulată și rezultatele obținute de-a lungul timpului, astfel:

- pentru efecte analgetice dozăm o intensitate „la prag“ ($0,1 \text{ mA/cm}^2$), iar în sevralgiile acute, chiar „sub prag“ (sub $0,1 \text{ mA/cm}^2$);
- pentru efecte antihiperestezice dozăm cu intensitatea „sub prag“;
- pentru efecte vasodilatatoare dozăm intensitatea „peste prag“ (peste 1 mA/cm^2);
- în stadiile acute se preferă intensități „sub prag“;
- în stadiile cronice aplicăm intensități „peste prag“.

În relație cu mărimea (suprafața) electrozilor, se obișnuiește ca nivelul de intensitate al curentului introdus să fie stabilit de raportul $0,1 \text{ mA}$ pe 1 cm^2 de suprafață de electrod, ceea ce ar corespunde intensității la nivelul „pragului de sensibilitate“, după care trebuie oricum să ne ghidăm.

În cazurile de aplicații cu electrozi de dimensiuni deosebite, intensitatea se va doza după polul activ (cel de dimensiune mai redusă).

Există o relație reciprocă între intensitatea curentului și durata unei ședințe de galvanizare și cu această ocazie ajungem și la precizarea duratei aplicațiilor de galvanoterapie.

Durata \times Densitatea electrică = 3 (constant).

- Durata se socotește în minute;
- Densitatea curentului este intensitatea acestuia (mA) raportată la unitatea de suprafață de electrod (1 cm^2).

$$\text{Durata} = \frac{3}{0,1 \text{ mA/cm}^2} = 30 \text{ minute}$$

Durata este direct proporțională cu mărimea electrozilor și invers proporțională cu densitatea electrică.

La polii de dimensiuni mici, densitatea este mare și pentru ca produsul să rămână constant în relația dată (3), durata ședinței trebuie să fie proporțional mai mică. De aici rezultă că la aplicațiile cu poli mari, elementele calculului se inversază.

În principiu, trebuie să reținem însă, că, pentru a fi eficientă, o aplicație de curenț galvanic trebuie să dureze în jur de 30 minute, deoarece toleranța pielei la voltaj fiind redusă (până la 50 mV), se compensează printr-o durată mai mare. Chiar și la aplicațiile transorbitare (în majoritatea cazurilor sub formă de ionogalvanizări), pentru a avea eficiență, durata ședințelor trebuie să fie de minimum 20 de minute, deoarece intensitatea aplicațiilor este mică (0,6–1,5–2 mA).

Numărul (și *ritmul*) ședințelor de galvanizare variază cu diagnosticul afecțiunii tratate, stadiul evolutiv și rezultatelor obținute. În general, în afecțiunile acute se aplică 8–10 ședințe (în ritm zilnic), iar în cele cronice, 12–15–20 ședințe (ritm zilnic sau la 2 zile).

Ne ferim să prezentăm scheme de tratament (cu catalogarea diagnosticelor și regiunilor de tratat, cu precizarea intensității și duratei ședințelor), deoarece atât practica, cât și principiile metodologice ale galvanoterapiei – prezentate mai sus – arată că tratamentul trebuie să fie individualizat.

Pacientul. Subiectul actului nostru terapeutic este evident, pacientul. El trebuie să fie pregătit de la prima ședință de aplicație a curențului galvanic prin explicații privind în primul rând senzațiile cutanate așteptate și apoi – bineînțeles – scopul acestei terapii.

Pacientul va fi așezat pe pat ținând cont de posturile cele mai antalgice, cât și de regiunile pe care dorim să le tratăm, spre exemplu:

- În cazul unui sindrom duros lumbosacrat, poate fi în decubit dorsal sau în decubit ventral cu perna sub abdomen – în condițiile în care lordozarea coloanei lombare provoacă dureri;

- În cazul unui sindrom lombosciatic de cauză discogenă cu iritația discului L₅, poate fi poziționat în decubit lateral cu membrul bolnav pe planul patului, pentru a se asigura un contact intim cu electrozii aplicați;

- În cazul unei aplicații pe regiunea cervicală, bolnavul poate fi în decubit dorsal cu capul așezat în același plan cu ceafa sau în decubit ventral;

- În cazul unei aplicații transorbitare va fi așezat – bineînțeles – în decubit dorsal;

- În cazul unei aplicații la umăr pentru o periartrită scapulo-humerală va sta în poziție sezândă etc.;

- În cazul tratării unei suferințe dureroase a regiunii cervico-occipitale, evităm aplicarea electrodului pe zona păroasă.

Vom urmări neapărat reacția zonei cutanate aflate sub electrozi după terminarea procedurii. În aproapele piele pe locul aplicării electrozilor, în special de la nivelul catodului, este normală atâta timp cât nu apare o leziune tegumentară. După un număr de aplicații, zona respectivă tinde spre înăsprire – semn al unei ușoare reepitelizări. Dacă, înainte, pacientul și-a aplicat unguente topice, calmante, le vom îndepărta înaintea fiecărei ședințe următoare. Dacă s-au produs reacții cutanate de eritem accentuat sau leziuni de arsură, vom înceta aplicațiile pe locul respectiv.

III.5.1.1. TEHNICA DE APLICAȚIE A GALVANIZĂRII

Pacientul trebuie poziționat și pregătit pentru tratament, conform indicațiilor principiilor metodologice expuse mai sus. Pentru executarea în condiții optime terapeutică, fizioterapeutul trebuie să se ghidize după o prescripție terapeutică completă care va cuprinde: denumirea procedurii, regiunea tratată, locul de aplicare, dimensiunile și polaritatea electrozilor, intensitatea curentului aplicat și la ședinței.

Se va inspecta tegumentul la locurile de aplicare ale electrozilor pentru a se verifica integritatea sa și a se decela eventualele leziuni sau afecțiuni ale acestuia – și de minime ar fi ele.

Înainte de aplicarea electrozilor, se verifică aparatul utilizat, pentru a ne asigura că prezintă la zero a comutatorului de intensitate; controlăm polaritatea electrozilor și placerea corectă la bornele aparatului a bananelor cablurilor de legătură – sau a cordonului comun (în funcție de modelul pantostatului pe care îl avem la dispozitie).

Electrozii trebuie să fie complet netezi (pentru netezirea lor folosim un rulou electric), fără cute, fisuri și înăndituri, care permit scurgeri de curent ce produc efecte polare nedorite și arsuri cutanate. Fisurile marginale, precum și colțurile ascuțite ale electrozilor vor fi ajustate cu ajutorul unei foarfeci.

Vom mai verifica să nu existe nici un contact direct între tegument și clemele de aplicare care sunt fixate cablurile de electrozi. Pentru siguranță (evitarea arsurilor), în situație în care clemele au o dimensiune prea mare și vin în contact cu pielea, se recomandă ca strat izolator o bucațică de cauciuc sau pânză cauciucată.

Fixarea electrozilor se face cu ajutorul unor benzi elastice de cauciuc perforate sau cu butoniere care se încheie cu butoane special destinate (la membre sau la organe corporale mai înguste), cu săculeți umpluți cu nisip (care să nu fie prea mari pentru evitarea compresării circulației) sau prin greutatea corpului pe planul său.

Electrodul se acoperă cu o pânză cauciucată sau cu o folie de plastic izolatoare, care nu depășește suprafața stratului hidrofil, iar bolnavul se acoperă cu un cărăsaf. Înaintim recomandarea de a se utiliza soluțiile de protecție la umezirea stratului hidrofil – descrise la capitolul efectelor biologice.

După executarea tuturor secvențelor enumerate și descrise mai sus și a fixării legăturii cu pământul a aparatului, declanșăm introducerea curentului în circuitul bolnavului prin acționarea comutatorului general.

Se va fixa ceasul semnalizator după durata prescripției. Manevrarea comutatorului potențiometrului de intensitate se face lent – pentru introducerea progresivă a curentului – până la intensitatea necesară și prescrisă. În timpul ședinței de aplicare, pacientul va fi supravegheat și întrebăt asupra sensațiilor percepute la nivelul electrozilor aplicati. La expirarea timpului fixat, intensitatea curentului va reduce lent, progresiv, până la poziția zero a comutatorului. Se închide comutatorul general și se ridică electrozii de pe corpul pacientului; se va sterge tegumentul cu un prosop și se va ireaza zona tratată cu tale. După terminarea procedurii se examinează pielea bolnavului pe locurile de aplicare ale electrozilor și se controlă reacția cutanată produsă.

III.5.2. BĂILE GALVANICE

Pentru tratarea unor regiuni mai întinse sau a întregului corp se recomandă utilizarea băilor galvanice, la care se combină acțiunea curentului continuu cu efectul termic al apei. Apa devine un mediu mijlocitor între electrozi și tegument. Curentul este repartizat pe o suprafață corporală mai mare, astfel că densitatea curentului este mai redusă, neexistând pericol de arsuri la intensitatea aplicată, care oricum este mai mare decât la galvanizările simple.

III.5.2.1. BĂILE GALVANICE PATRU-CELULARE

Au fost introduse în terapie la sfârșitul secolului al 19-lea de Schnee la Karlsbad. Bolnavul stă așezat pe un scaun sau taburet (de lemn, metalic), izolație electrică de postamentul pe care se află instalată baia galvanică patru-celulară (fig. 115). Apa introdusă în cele patru vase (celule) trebuie să fie la temperatură corporului (34°) sau mai ridicată – până la 38° ; apa reacționează accentuat la neplăcutele date de trecerea curentului, iar în apă caldă (37° – 38°), putem să aplicăm intensitate mai mare, mai bine tolerate.

Putem să facem aplicații patru-celulare, tricelulare, bicelulare sau unicelulare. În cazurile de aplicații uni- sau bicelulare putem să adăugăm un electrod de plumb sau zinc pe o altă regiune corporală (lombară, lombo-sacrată, abdominală și cervicală).

Mărimea suprafețelor de contact a tegumentului cu apă poate fi variată, printr-o varianță a cantității de apă din vase. Dacă dorim să avem un pol mai activ, reducem la minimum cantitatea de apă din vana membrului asupra căruia vom să acționăm.

Putem aplica combinații în diferite variante, în funcție de efectele urmărite și răcordurile (aparat – pacient) stabilite:

- membrele superioare la același semn de polaritate și membrele inferioare la semnul contrar;

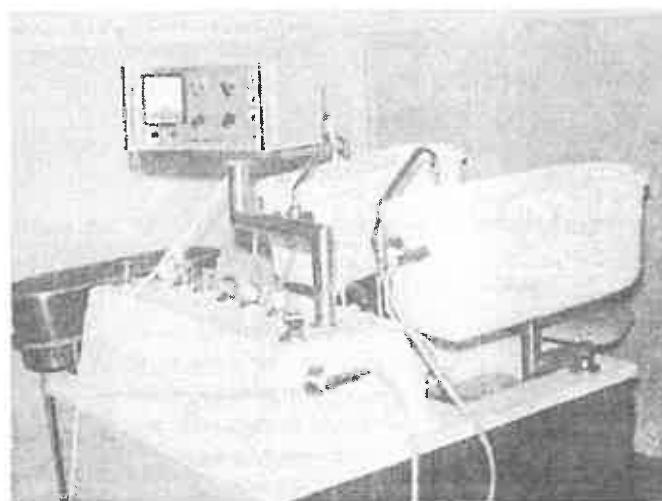


Fig. 115 -- Baia galvanică 4-celulară.

- membrele de partea dreaptă la același semn, membrele stângi la semnul contrar;
- 3 membre la același semn și al patrulea la semnul contrar („în evantai“);
- 2 membre la același semn și un membru la semnul contrar;
- un membru la polul pozitiv, alt membru la cel negativ.

Direcția curentului poate fi ascendentă (polul pozitiv-caudal, polul negativ-cranial) sau descendenta, în funcție de scopul terapeutic urmărit.

Înainte ca bolnavul să introducă membrele în vane, se recomandă ca personalul să execute procedura să introducă mâinile în toate vanele pentru a controla senzația niciun pol în parte (pozitiv și negativ), bineînțeles, cu aparatul pus în funcțiune. Apoi oprim curentul de la aparat și solicităm bolnavului să intre în baie. După ieșirea pe scaun, va introduce mai întâi membrele inferioare – astfel ca apa să treacă sub genunchi – apoi membrele superioare, apa ajungând la jumătatea brațului. Aceasta indică pacientului să stea liniștit.

Vom pune aparatul în funcțiune prin manevrarea comutatorului general, după ce am verificat o dată polaritatea corectă a electrozilor – după prescripție. Vom manevra lent comutatorul pentru intensitate, ajungând la doza prescrisă de medic. Durerile, nevralgiile, artralgiile și mialgiile se tratează cu intensitate „la prag“, adică polaritate pozitivă.

Paraliziile flaște – cu intensitate „peste prag“, cu polaritate negativă. Embolurările de circulație din schemele de poliomielită și boala varicoasă – cu intensitate „peste prag“. La cazurile cu emboluri de sensibilitate cutanată și la cele cu angiospasm, nu ne vom ghida după senzația percepță de bolnavi și nu vom introduce o intensitate prea mare, pentru evitarea arsurilor cutanate. Durata ședințelor se stabilește între 10 și 30 de minute, în funcție de diagnosticul afecțiunilor tratate. Ritmul ședințelor: săptămânal sau la 2 zile.

III.5.2.2. BĂILE GALVANICE GENERALE (STANGER)

Au fost descrise de Steve în anul 1866, introduse la Ulm de meșterul săbăcar german Stanger din Reutlingen și perfecționate în 1930 de fiul acestuia, inginerul Stanger.

La început era confectionată din lemn; actualmente sunt construite din material plastic ca izolant (fig. 116). Sunt prevăzute cu 8 electrozi (de grafit) fixați și conectați în pereții căzii, 3 pe părțile laterale, unul cranial – la nivelul

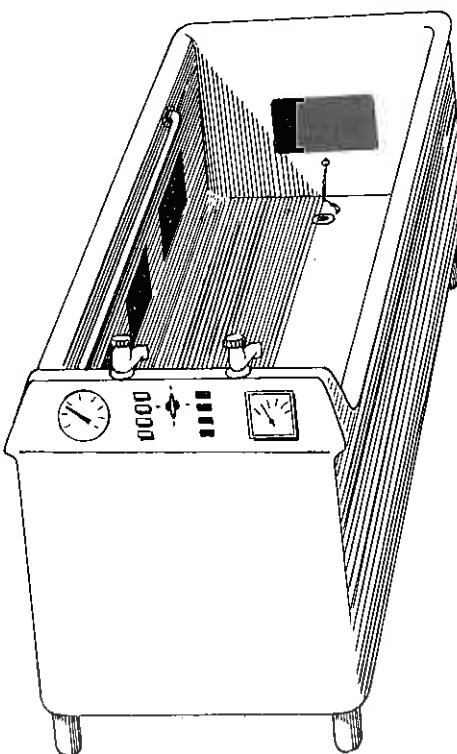


Fig. 116 – Baia Stanger.

regiunii cervico-cefalice și altul, caudal – la nivelul plantelor. Există și electrozi mobili care pot fi plasați în cadă după necesitatea terapeutică, mai frecvent folosiți pentru regiunea lombară sau între membrele inferioare.

Sensul curentului poate fi dirijat în multiple variante între electrozi: descendant, ascendent, transversal (cu polaritatea pozitivă sau negativă fixată de partea stângă sau dreaptă) sau în diagonală.

Intensitatea curentului aplicat este mai mare decât la baia patru-celulară (1 000–1 200 mA), fiind repartizat pe întreaga suprafață corporală. S-a estimat că 2/3 din intensitatea curentului se „scurge” pe lângă corp (apa fiind bun conducător) și numai 1/3 din aceasta trece prin corp.

La baia Stanger este foarte important să ne orientăm după „senzația de curent” a pacientului, aplicând deci dozarea intensității la nivelul pragului senzitiv, până la senzația de furnicătură plăcută și de ușoară căldură.

Hille a arătat că un rol important îl are capacitatea de conducere a mediului lichid din baie. În apă distilată nu trece curent. O cantitate mică de săruri prezintă în baie lasă să treacă prin organism o doză de curent mai redusă, deoarece sunt puțini ioni purtători de sarcini electrice către tegument. Maximul concentrației active este de 2 g/l NaCl. În soluții mai concentrate, acțiunea curentului descrește rapid.

Pentru o mai bună eficiență terapeutică a procedurii se pot adăuga diferite ingrediente farmaceutice sau extracte de plante. Acțiunea acestor băi se explică prin efectul termomecanic al apei, prin cel electric al curentului și prin cel chimic produs de ingredientele adăugate.

Tehnica de lucru. Se umple vana cu apă la 36°–38° sau la 38° C dacă dorim să acționăm cu intensități mai mari. După pregătirea băii, controlăm prin introducerea mâinii în baie pregătită, prezența curentului electric, apoi oprim aparatul și invităm bolnavul să intre în cadă. Se acționează comutatorul general și se manevrează lenă comutatorul pentru dozarea progresivă a intensității curentului – după prescripția medicului și senzația subiectivă a pacientului (în general, la nivelul a 400–600 mA). se fixează durata procedurii la 15–30 de minute. Ritmul ședințelor – una la 2–3 zile. Seria de tratament: 6–12 ședințe.

III.5.3. IONTOFOREZA (IONOGALVANIZĂRILE)

Este procedeul prin care se introduce în organism diverse substanțe medicamentoase cu ajutorul curentului electric, care le transportă prin tegument și mucoasă.

În literatura medicală se întâlnesc mai multe sinonime pentru denumirea acestui procedeu: ionoterapie, galvanoionoterapie, ionoforeză, ionotoreză, ionizare ionogalvanizare.

Principiul acestei forme de terapie se bazează pe disocierea electrolitică a diverselor substanțe farmacologice adăugate polilor aplicați și transportare, anionilor (–) și cationilor (+) spre electrozii de semn contrar încărcării lor electrice prin respingerea lor de către electrozii de același semn și atragerea către polii de semn contrar.

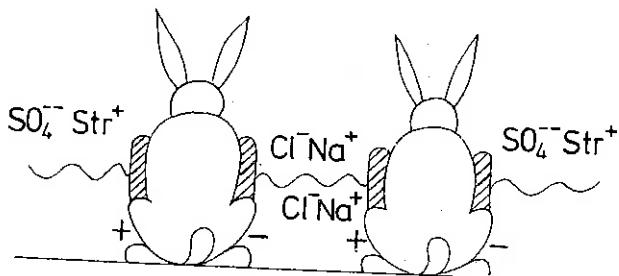


Fig. 117 - Experiența lui Leduc.

Introducerea electrică în organism prin tegument cu ajutorul curentului galvanic a substanțelor chimice farmaceutice se bazează pe fenomenele electrolitice, după legile lui Faraday. De altfel, intervenția acestui proces fizico-chimic a demonstrată cu remarcabilă precizie. În acest context, trebuie să luăm în considerare intervenția conductivității electrolitice, a mișcării ionice, a relațiilor posibile pentru disociația electrolitică și pentru echilibrul acido-bazic. Aceasta este adevărata ionoforeză.

Electroosmoza poate să apară la nivelul tegumentului numai după schimbul labil al tuturor ionilor mobili, ceea ce, pe cale electrolitică durează aproximativ 24 de ore și nu se poate realiza fără o lezare trofică a țesutului cutanat. Cu alte cuvinte, electroosmoza nu are nici o participare la introducerea substanțelor medicamentoase prin tegument (Ipser).

Cu soluția conținând ionul medicamentos pe care dorim să-l aplicăm se îmbină apă hidrofil, sub electrodul activ. De aici migrează prin pielea intactă spre polul pozitiv și ajunge în interiorul organismului. Prin rețeaua celulelor Malpighi, medicamentele sunt preluate de rețeaua limfatică și sanguină și sunt astfel transportate în circulația generală. Menționăm că numai electroliți solubili în apă pot trece prin tegument (S. Licht).

Francezul Leduc a arătat pentru prima dată prin experiență pe iepuri (1907) tuncă ionoforezei (fig. 117).

Cei doi iepuri sunt legați în serie într-un circuit de curent continuu; pe laturile externe li s-au atașat electrozi prevăzuți cu soluție de sulfat de stricnină, iar pe laturile interne li s-au atașat electrozi prevăzuți cu soluție de clorură de sodiu.

În virtutea principiului fizic enunțat mai sus, ionul (+) de stricnină a fost spins de polul pozitiv și atras de cel negativ, a dus la contracturi tonice și moartea animalului iepure prin intoxicație cu stricnină. La cel de-al doilea iepure, ionul de stricnină rămâneând la nivelul elec-trodului (de semn contrar), nu s-a produs nici un efect de vătămare.

Experiența lui Schatzky cu doi tuberculi de cartofi – uniți printr-un tub de cauciuc, unul dintre ei având însăpt un electrod îmbibat cu soluție de iodură de potasiu a demonstrat chiar fenomenul de migrare și difuziune a ionilor și curentul de polarizare (fig. 118).

Una din dovezile concrete ale pătrunderii ionilor de substanțe în organism prin ionogalvanizare – a fost regăsirea în urină (prin excreția urinară crescută după aplicațiile cu această metodă terapeutică) a unor elemente chimice utilizate în experimentul experiențele cu anionii iod, salicilic, cationul procaină, efectuate de Ipser în 1957).

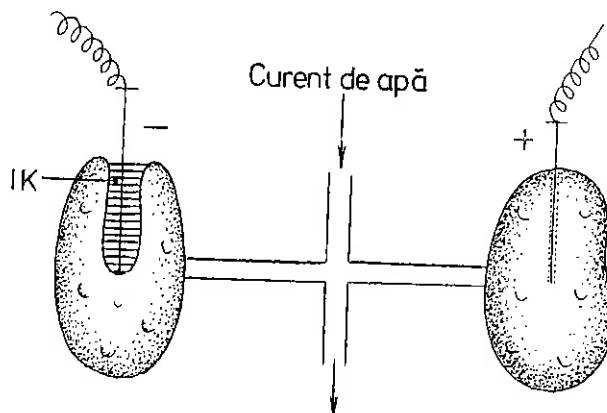


Fig. 118 – Experiența lui Schatzky.

Acizii, bazele și sărurile se disociază electrolytic în ioni simpli care pot fi mobilizați de curentul electric. Substanțele mai complexe care nu se pot descompune în atomi, se vor desface în radicali care, încărcându-se cu sarcini electrice pozitive sau negative, vor fi mobilizați de curentul electric.

S-a observat că ionii ușori migrează mai rapid, iar ionii grei migrează mai încet; substanțele cu greutate moleculară foarte mare nu se pot disocia și vor rămâne pe tegument, fără să-l străbată. Calea de pătrundere a atomilor încărcăti cu sarcini electrice o constituie orificiile glandelor sebacee și sudoripare.

Experimentările clinice de ionoforeză (E.P. Mallix, Y.T. Oester, H. Abramson, S. Grosberg) au demonstrat că concentrația ionilor introdusi prin ionogalvanizare nu crește în cuprinsul zonei de țesut aflată între cei doi electrozi străbătută de curent, ci se cantonează superficial sub electrodul de semn opus unde migrează ionii respectivi de semn contrar, de unde sunt răspândiți în circulație sanguină. Caracterul specific al procedurii este acțiunea locală. Astfel, pătrundere substanțelor medicamentoase în tegument prin ionoforeză este asemănătoare cu ce care se produce prin ungherea acestuia cu pomezi și unguente ce conțin elemente farmacologice active de genul mercurului și sulfului, fapt care ne face să conchidem că indicațiile principale ale ionoforezei sunt date de procesele patologice localizate relativ superficial.

III.5.3.1. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ PĂTRUNDEREA ÎN TEGUMENT ȘI STRĂBATAREA ȚESUTURILOR A IONILOR DIN SUBSTANȚELE CHIMICE FARMACEUTICE PRIN METODA GALVANIZĂRII

Procesul de transfer (în țesuturi) al substanțelor chimice în cadrul ionogalvanizărilor depinde de greutatea lor atomică, cantitatea și concentrația lor în soluție, puritatea soluției utilizate, intensitatea curentului, mărimea electrozilor și durata procedurii.

Greutatea atomică. Cum am arătat mai sus, ionii grei migrează mai încet, iar cei ușori migrează mai rapid.

Cantitatea și concentrația ionilor în soluție. Cantitățile de substanță medicamentoasă introduse în organism prin iontoporeză au putut fi calculate prin ea lui Faraday. De exemplu, la aplicația cu o soluție de histamină, la o dozare de 1 mA în 15 minute, pătrund circa 15 mg ioni de histamină. Deoarece nu cantitatea solvent este determinată, ci concentrația soluțiilor, acestea trebuie astfel preparate, să fie în cantitate de 20 ml sol N/10 la un electrod de 100 cm². La anod se legă (pentru neutralizare/tamponare), 0,4 mEq de bază (soluție NaOH), iar la catod se adaugă 0,4 mEq de acid (HCl).

Experimentele clinice care au urmărit concentrațiile din soluții prin măsurarea cantității de substanță aplicată rămasă în soluția „electrod”, au constatat următoarele efecte particulare:

- cationii trec mai încet decât anionii (printron-un proces de „frânare”);
- frânarea transmiterii este cu atât mai mare, cu cât este mai mică cantitatea substanță din soluție.

În timpul scurgerii curentului, crește conținutul de ioni H⁺ în soluția anodică și urmăre a creșterii conductibilității sale de aproximativ 5 ori, mărește curgerea curentului cationic și astfel, atrage cationii din soluția anodică. Învers, în soluția catodică crește conținutul de ioni OH⁻, care prin mărire conductibilității sale cu mult de 2 ori, atrage anionii din soluția catodică.

Ca rezultat al mobilității mai mari a ionilor de H⁺ în comparație cu ionii de OH⁻, este descrisă influența de frânare la anod (adică la transferul cationilor), mult mai evidentă decât frânarea la catod și, de aceea, totdeauna, transferul cationilor târziu în urma transferului de anioni.

Intensitatea curentului (doza de curent). Experimental, s-a constatat că prin creșterea intensității curentului, crește cantitatea de ioni transferați (anioni, cationi), nu proporțional și nici liniar, ci numai până la o anumită limită, după care crește, printron-un fenomen de frânare (menționat mai sus). De asemenea, s-a mai constatat că la doze crescânde de curent, se produce o acidificare a soluțiilor electrolitice, prin creșterea mEq de H⁺ la anod și la o alcalinizare la catod (prin emularea mEq de OH⁻). Ambele procese se încetinesc însă odată cu creșterea dozei de curent, deoarece o parte din ionii de H⁺ și OH⁻ apărăuți, trec în piele.

Dacă, în prealabil, se alcalinizează soluția anodică și se acidifiază soluția catodică, se mărește transferul cationilor aplicații inițial de câteva ori, iar transferul anionilor este aproape teoretic de valoarea calculată (75–80% la cationi și 90–95% la anioni, aceasta în condițiile în care se contracarcă cu adăos de soluții alcaline anod și acide la catod, influența nedorită a ionilor paraziți proveniți din piele și inspirație). Aceasta este de fapt și explicația precizării făcute mai sus, prin amplificarea cu aplicația soluției de histamină.

Mărimea electrozilor. Pentru facilitarea pătrunderilor ionilor din soluție se recomandă aplicarea electrozilor mici, activi, iar soluția trebuie preparată cu apă distilată, pentru a evita prezența altor ioni parazitari ce se află în apă de conductă.

Intensitatea curentului galvanic și durata procedurii se aplică conform formulei puse la galvanizarea simplă.

Mentionăm că la efectul farmacocinetic al substanțelor medicamentoase se adaugă și efectul analgezic al curentului galvanic, care scade pragul dureros.

Particularitățile de acțiune ale ionoforezei care fac ca aceasta să fie preferată în tratamentul unor afecțiuni, sunt următoarele:

- au un efect local demonstrat și recunoscut;
- au un efect de depozit realizat de acumularea substanțelor farmacologice introduse la nivelul electrozilor;
- au un efect de pătrundere până la stratul cutanat profund (chorion);
- este posibilă și o acțiune reflexă cuti-viscerală la nivelul dermatomioamele;
- este posibilă dozarea precisă a substanțelor medicamentoase aplicate;
- se obțin efecte certe cu cantități infinitezimale de substanțe, evitând totodată tractui gastrointestinal.

Inconvenientele ionoforezei:

- deoarece majoritatea medicamentelor conțin ioni bipolari, în aplicare curentă acționează de obicei numai componenta influențată de semnul polului respectiv, cealaltă rămânând neutilizată;
- viteza de migrare a ionilor este diferită;
- cantitatea substanțelor care pătrund este necontrolabilă;
- cercetările experimentale sunt încă insuficiente sau imperfecte.

III.5.3.2. DIFERITE SUBSTANȚE FOLOSITE ÎN IONOGALVANIZĂRI

Înănd seama de principiul care stă la baza pătrunderii și migrării substanțelor farmacologice active în organism – respingerea de către electrozi a ionilor de același semn – trebuie să cunoaștem exact încărcarea electrică a elementului chimic al căruia efect urmărim să-l obținem.

Din acest punct de vedere, toate substanțele se împart în două grupe, în funcție de polul la care se pot aplica:

La anod se aplică: metale (sodiu, potasiu, litiu, calciu, magneziu, zinc, mercur, fier, cupru), radicali de metale (amoniu), acetilcolină, adrenalină, alcaloizi (morphina, novocaină, atropină, pilocarpină, butazolidină), corticoizi, sulfamide, penicilină.

La catod se aplică halogeni (brom, clor, iod), radicali acizi (sulfuric, azotic carbonic, salicilic, acetic, oxalic, citric), sărurile acizilor organici.

Pentru a exemplifica aria largă a agenților chimicofarmaceutici utilizabili și utilizăți în practica ionogalvanizărilor, diversi autori au simțit nevoie de a prezenta tabele cuprinzând câteva zeci de substanțe medicamentoase (Dinculescu, Dumoulin, Ipser și alții) sau enumerarea entităților patologice indicate (Gillert, Licht). Nu îmbrățișăm ideea și metoda adoptării schemelor și catalogărilor într-o specialitate medicală elastică și deschisă încercărilor novatoare și fertile cum este fizioterapia, dar considerăm utilă partizanilor și practicanților acestui domeniu terapeutic prezentarea principalelor afecțiuni care pot beneficia de acțiunea substanțelor medicamentoase utilizabile în domeniul ionoforezei. Înem să atragem atenția că acest procedeu terapeutic păstrează un caracter adjuvant alături de alte tratamente putându-le mări însă eficiența, prin grăbirea ameliorării sau vindecării.

Dermatologie

- Acnee – Histamină sol. 0,2%; adrenalină + sare de amoniu 5%
- Alergii localizate – sol. Hiposulfit de sodiu 2% (pentru radicalul hiposulfit)
- Cicatrice cheloide hipertrofice; – soluție de tiouree în glicerină 5%; hialuronidază 25 VRE la 100 ml apă la polul pozitiv
 - Degerături – Novocaină 1%, dionină 0,25–0,50%, histamină 0,1‰
 - Eczeme – Adrenalină + sare de amoniu 5%
 - Epidermofitie – sulfat de cupru 1% (pentru cupru) + electrod de cupru în mie galvanică
 - Erzipel cronic – iodură de potasiu 1% (pentru iod)
 - Fistule – sulfat de zinc 1–2% (pentru zinc)
 - Furunculoze – penicilină 200–1 000 u/cm³ ser fiziologic, aureomicină
 - Hematoame superficiale – iodură de potasiu 3–5% (pentru iod)
 - Hipertrichoză – Acetat de thaliu 1–2% (pentru thaliu)
 - Prurit – Bromură de sodiu, potasiu sau calciu 1–3% (pentru brom) acetat de aconitină 0,2‰ (pentru aconitină)
 - Sclerodermie – sare iodată 3% (pentru iod)
 - Seboree – Adrenalină + sare amoniu 5%
 - Ulcere atone – Sulfat de zinc 1–2% (pentru zinc).

Oftalmologie

- Conjunctivite, trahom, ulcere corneene – sulfat de zinc 0,25% (pentru zinc)
- Irite, iridociclite – atropină sulfură sol. 0,1‰
- Herpes cornean, irite, sclerite – iodură de sodiu 1–2% (pentru iod)

Reumatologie, aparat locomotor

- Artrite – Novocaină 1–2%, dionină 0,25–0,50%; salicilat de sodiu 2–4% (pentru salicilat); hidrocortizon (10–25 mg pe ședință)
 - Artroze – fenilbutazonă 1–3% la polul pozitiv; salicilat de litiu 1% (pentru litiu)
 - Bursite – hidrocortizon 10–25 mg pe ședință
 - Dupuytren – iodură de potasiu sau de sodiu 1–5% (pentru iod), în stadiu incipient; hialuronidază
 - Epicondilite – novocaină 1–5%, hidrocortizon
 - Gută (manifestări articulare) – salicilat de litiu 1% (pentru litiu)
 - Mialgii – novocaină 1–5%, dionină 0,50%, acetilcolină clorhidrică 0,1%
 - Nevralgii (sciatică, trigeminală) – calciu clorat 3% (pentru calciu), chinină clorhidrică sau bromhidrică 2–5%; histamină 0,1‰; novocaină clorhidrică 1–5%; aconitină 0,2%.
 - Poliartrită reumatoidă – citrat de potasiu 1%; salicilat de sodiu 2–4%; hidrocortizon (10–25 mg); histamină 0,1‰.
 - Spondilită – iodură de potasiu 3–5% (pentru iod); fenilbutazonă 1–3%; hidrocortizon.
 - Tendinite, tenosinovite – novocaină 1–5%; hidrocortizon.

Afecțiuni vasculare

- Arterite – adrenalină hidroclorică 1%; novocaină 2–5%
- Tromboflebită – heparină 1 200 u/ședință; salicilat de litiu 1%
- Sechele flebitice – salicilat de litiu 1% (pentru litiu), hialuronidază
- Limfangite, elefantiazis – hialuronidază.

Aplicațiile medicamentoase pentru procedeul ionogalvanizărilor s-au utilizat și în tratamentul unor afecțiuni din sfera ginecologiei și a ORL, dar s-a renunțat la ele.

III.5.3.3. TEHNICA DE APLICAȚIE A IONTOFOREZEI

După cum este de așteptat, tehnica de aplicație a ionoforezei se va desfășura conform principiilor metodologice, regulilor, secvențelor și manevrelor descrise la prezentarea galvanizărilor simple și de aceea, nu considerăm necesar a le repeta. Ceea ce intervine în plus este folosirea din rațiuni terapeutice a unor substanțe farmacologice care se adaugă în acest scop la nivelul electrozilor. În consecință se desprinde și faptul că prescripția terapeutică va trebui să cuprindă toate elementele menționate la subcapitolul respectiv, plus datele privind soluția medicamentoasă utilizată: denumirea, concentrația și polaritatea electrodului la care trebuie să fie aplicată.

Înainte de aplicație se prepară soluțiile respective în concentrațiile corespunzătoare. Majoritatea soluțiilor anorganice, fiind foarte stabile, pot fi păstrate câteva zile în flacoane de sticlă de culoare închisă, astupate ermetic și menținute în vase cu apă caldă. După cum am arătat mai înainte, soluțiile trebuie preparate cu apă distilată pentru a evita ionii parazitari aflați în apa de conductă. Concentrația soluțiilor trebuie să fie mică, ținând seama de faptul că disociația electrolitică este cu atât mai puternică cu cât soluția este mai diluată. Să mai reținem din trecerea în revistă a substanțelor medicamentoase recomandate că această concentrație este în general de 1–3%, iar pentru substanțele mai active – de 10–100 ori mai mică. Repetăm atenția deosebită ce trebuie acordată semnului încărcăturii electrice a componentului activ – din soluție – al cărui efect urmărim să-l obținem, pentru a-l aplica corect la polul de același semn.

Materialul intermediar hidrofil se va imbiba cu soluția medicamentoasă, în cazul folosirii unguentelor medicamentoase – o altă formă de prezentare farmaceutică utilizabilă în ionoforeză – acestea se aplică în strat subțire pe tegument, iar deasupra se asează straturile hidrofile umezite cu apă distilată.

Ionizările transorbitocerebrale (transorbitare, transcerebrale) au fost aplicate de G. Bourguignon încă din anii '30. Sunt frecvent utilizate de fizioterapeuți, ca mijloc terapeutic asociat și destul de valoros prin eficiența sa, cu precădere în tratamentul unor sindroame neurastenice, insomnii, hipertensiuni arteriale în stadiu neurogen, stări spasmofilice, sindroame migrenoase și a.

Substanțele medicamentoase din soluțiile aplicate sunt alese în funcție de afecțiunea tratată: calciul ca sedativ al sistemului nervos în nevrose, migrene.

ereglări hipofizare, spasmofilii etc., magneziul în hipertensiuni arteriale, migrene de origine vasculară, status post-accidente vasculo-cerebrale, alte tulburări vasculare cerebrale.

Cu soluțiile medicamentoase recomandate se îmbibă straturile hidrofile de sată sau tifon montate în electrodul special de tip ochelari care se aplică pe ochi. Intensitatea curentului: 0,6–2 mA, cu dozare până la apariția fosfenelor. Durata sedinței: este de 30 minute pentru a avea eficacitate (intensitatea aplicată fiind parte redusă). Se pot aplica serii lungi de sedințe (15–25) repetate la intervale mai mari sau serii scurte de sedințe (6–10) repetate la intervale mici, pentru perioade de timp îndelungate – luni și chiar ani de zile.

III.6. INDICAȚIILE ȘI CONTRAINDICAȚIILE GALVANOTERAPIEI

Galvanizarea terapeutică – cu toate formele sale – constituie una din procedurile cel mai des utilizate în electroterapie, având un câmp considerabil de aplicare. Multiplele sale efecte – analgetice, sedative, vasomotorii, trofice de stimulare a excitabilității musculare – determină această frecvență și răspândită utilizare. Un alt avantaj îl reprezintă posibilitatea aplicării sale în orice stadiu de evoluție a bolii.

Indicații

1. Afecțiuni ale sistemului nervos

- a) Nevralgii și nevrite diverse: n. sciatic, plex cervicobrahial, nevralgii intercostale, nevralgia trigeminală, nevralgia dentare, nevralgia occipitală, meralgică parestezică, nevralgia de femuro-cutan;
- b) Pareze, paralizii:
 - paralizii flaște ale membrelor, de diferite etiologii;
 - pareze faciale;
 - pareze de sfinctere (anal, detrusor al vezicii);
- c) Afecțiuni ale organelor de simț: otice (otoscleroze), oculare (conjunctivite, blefarite, sclerite);
- d) Sindroame astenonevrotice de suprasolicitare;
- e) Distorții neurocirculatorii.

2. Afecțiuni ale aparatului locomotor

a) Reumatice

- mialgii și neuromialgii cu diferite localizări;
- tendinite, tenosinovite, bursite, epicondilite, periartrite;
- artroze cu diferite localizări;
- artrite cu diferite localizări;
- poliartrită reumatoidă;
- spondilită anquilopoietică.

b) Sechele posttraumaticice

3. Afecțiuni ale aparatului cardiovascular

a) Tulburări de circulație periferică: boala Raynaud, acrocianoza, degerăturile arteriopatia obliterantă;

b) Flebitele în faza subacută și cronică;

c) Tulburări vasomotorii în teritoriul circulației cerebrale;

d) Boala hipertensivă în stadiul neurogen.

4. Afecțiuni dermatologice: vezi III.5.3.1.

Contraindicații

Afecțiunile care împiedică aplicarea electrozilor pe tegument, precum leziunile de diferite cauze, supurațiile, unele manifestări alergice (însoțite, de urticarie), unele eczeme, tuberculoza cutanată, neoplasmele cutanate.

CAPITOLUL VII

TERAPIA CU ULTRASUNETE

De la începutul acestui capitol menționăm că vom prezenta numai ultraterapia propriu-zisă, fără a ne ocupa de alte domenii ale sunetului utilizate în medicină sau terapeutică, în cu totul alte modalități (infrasunetul, meloterapia). De asemenea, nici utilizarea ultrasunetului în alte domenii medicale (ecografia, ultrasunetul în stomatologie, aparatele de aerosoli cu ultrasunete) nu face obiectul prezentării noastre.

VII.1. PROPRIETĂȚI FIZICE

Limita superioară de percepție a sunetelor de către urechea omenească este de circa 20 000 oscilații pe secundă. Vibrăriile mecanice pendulare – reprezentând sunetul – ce depășesc această limită poartă numele de ultrasunete. Frecvența undelor ultrasonore este foarte mare, fiind apreciată la 500 000 Hz – 3 000 000 Hz (500 kHz – 3 000 kHz). Aparatele utilizate în fizioterapie furnizează ultrasunete cu frecvență cuprinsă în general între 800 și 1 000 kHz.

Lungimile de undă ale ultrasunetelor sunt foarte mici, putând fi ușor localizate și orientate selectiv. Ele prezintă variații în funcție de natura mediului străbătut (gazos, lichid sau solid). La o frecvență de 800 kHz, lungimea de undă în țesuturile corpului omenesc este de 1,87 mm.

Aplicarea undelor ultrasonore pe un corp produce un transfer de energie considerabil, prin alternarea stărilor de presiune realizate. Transferul de energie ultrasonică aplicată și măsurată în W/cm^2 definește intensitatea ultrasunetului. Aceasta constituie un parametru foarte important în cadrul terapiei cu ultrasunete.

Propagarea ultrasunetelor. Spre deosebire de undele sonore, cele ultrasonice se propagă numai în linie dreaptă, sub forma unui fascicul de raze. Propagarea depinde de felul și forma sursei de producere, de cuplarea cu mediul în care se propagă și de frecvență (cu cât frecvența este mai ridicată, cu atât penetrarea este mai mare).

Propagarea poate să fie modificată de dimensiunea mediului străbătut (mică sau mare), de suprafața acestuia (netedă, rugoasă), de forma lui, ca și de structură (omogenă sau neomogenă).

Viteza de propagare a ultrasunetelor este o constantă (de material, țesut), având o valoare medie în țesutul uman de 1 500 m/s. Ea se calculează prin produsul dintre lungimea de undă și frecvență.

Amintim aici de noțiunea de „profundime de înjumătățire“, folosită de V. Hueter. Prin aceasta se înțelege înjumătățirea energiei în unitatea de spațiu, mai concret spus, profundimea (exprimată în cm) la care energia ultrasonică se înjumătățește de la 1 W administrat la suprafață. Această scădere a energiei în raport cu adâncimea țesuturilor este în funcție de frecvență, de exemplu, la 800 kHz, grosimea stratului de înjumătățire este de 5,8 cm. Unii autori (Wiedau și Rohner) subliniază faptul că, în practică, profundimea de înjumătățire nu reprezintă un parametru necesar și de luat în seamă în acțiunea UUS asupra organismului.

La nivelul de trecere între 2 medii cu densități diferite, exemplul cel mai sugestiv fiind prezentat de limita dintre țesutul muscular și cel osos UUS suferă o serie de fenomene, dintre care cele mai importante sunt absorbția și reflexia.

Coeficientul de absorbție (scăderea intensității pe mm^3 de adâncime de țesut) este mai mare la frecvențele înalte și depinde de mediul supus la iradierea ultrasonică. De exemplu (după Pohlmann), la 800 kHz, coeficientul de absorbție este de 0,33 în țesutul muscular și de 0,21 în țesutul gras. La limita dintre două țesuturi diferite se produc reflexia și refractia undei sonore.

La interferența undei incidente cu cea reflectată, în cazul reflexiei totale, se produce undă staționară (cu direcție verticală). În această situație, valorile maxime ale vibrației pot crește cu aproape 100%. În zona undei, toate particulele sunt în mișcare. Această deplasare față de particulele zonelor învecinate este denumită „gradient de deviație“ și are o valoare de 3,3 milionimi de mm pentru o celulă, la o frecvență de 800 kHz și la o intensitate de 2 W/cm^2 .

VII.2. FORME DE ULTRASUNETE UTILIZATE ÎN TERAPIE

VII.2.1. ULTRASUNETUL ÎN CÂMP CONTINUU

Este forma de undă ultrasonoră longitudinală neîntreruptă cu acțiune continuă asupra mediului și în consecință cu o producere permanentă a așa-numitului „micromasaj tisular intern“. Deși în cursul aplicațiilor de unde ultrasonore nu se produc cumulări de energie în țesuturi, totuși, în absența sau chiar în eventualitatea unei supradozări de ultrasunet în câmp continuu, efectul termic poate deveni evident sau accentuat. Acest dezavantaj a putut fi înălțurat prin intercalarea unor pauze în trenurile de unde ultrasonore în scopul reducerii sau anulării efectului termic. Astfel, s-a realizat a două formă de aplicație a UUS (VII.2.2).

VII.2.2. ULTRASUNETUL ÎN CÂMP DISCONTINUU (CU IMPULSURI)

Este vorba de o întrerupere ritmică, cu o anumită frecvență a ultrasunetului în câmp continuu (de regulă, la aparatele moderne se obține prin montarea unui generator de impulsuri în generatorul aparatului de us). Se va ține cont de forma și

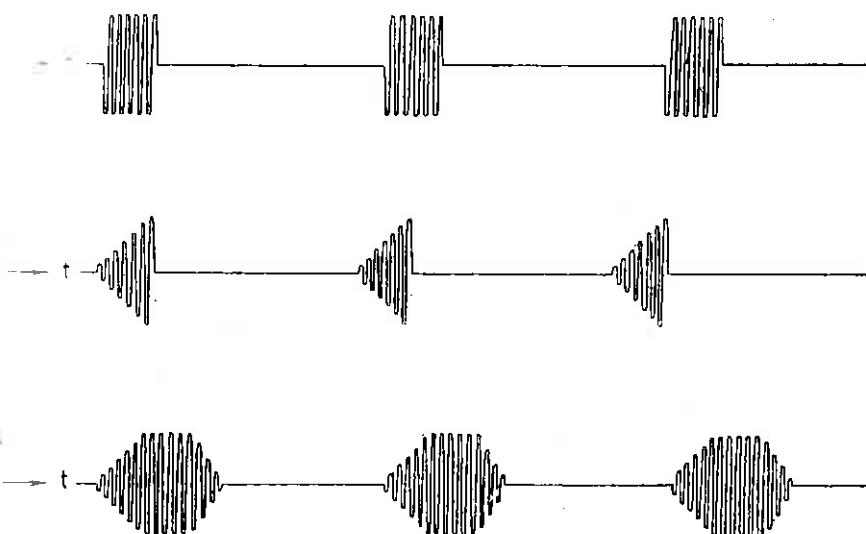


Fig. 197 – Ultrasunet cu impulsuri

durata impulsurilor, durata pauzei și frecvența intercalării acestora. Forma impulsului poate fi dreptunghiulară, trapezoidală sau triunghiulară. Frecvența și forma impulsurilor sunt reglate de aparat. Raportul dintre durata impulsului și perioada de repetiție (durata impulsurilor plus durata pauzei) este numit „coeficient de umplere“. Prin modificarea coeficientului, se modifică raportul dintre durata impulsului și durata pauzei (fig. 197).

VII.3. EFECTE FIZICO-CHIMICE ALE UNDELOR ULTRASONORE

Efectul mecanic. Este reprezentat de vibrația produsă și care poate fi bine remarcată în apă, prin apariția unei coloane de lichid în dreptul suprafeței traducătorului. Vibrațiile se transmit din aproape în aproape, fiecare molecule fiind pusă în mișcare cu o frecvență egală cu cea a sursei. Amplitudinile acestor vibrații moleculare depind de intensitatea energiei transmise. Propagarea energiei ultrasonice într-un mediu oarecare în unitate de timp realizează viteza de undă.

Viteza de oscilație este viteza maximă de vibrație (deplasare pendulară), a fiecărei particule în parte, în sens transversal față de sensul de propagare a UUS. și ea depinde de intensitatea energiei ultrasonice.

Efectul termic. O parte din energia ultrasonică se transformă în interiorul mediului traversat de UUS în energie calorică. Se apreciază două modalități de producere a acesteia:

- prin absorția energiei UUS de către mediile neomogene, cu degajare de căldură și amortizare a amplitudinilor vibratoriilor;

– prin fricțiunea particulelor mediului, petrecută mai ales la nivelurile de separare a două medii cu densități diferite.

Efectul termic este mai pregnant în mediile neomogene, cum sunt cele dăunătoare corporului omenesc.

Efectul de cavităție. Este un fenomen care constă în producerea de gole (rupturi, fisuri) în interiorul lichidului traversat, manifestate vizibil prin formarea bulelor de aer. Acestea se produc prin compresiunile și dilatăriile succesive realizate de UUS asupra lichidului. „Ruperea“ lichidului are loc în momentul dilatarilor. În perioadele de comprimare, cavitățile dispar și prin refacerea compactului lichidului se eliberează mari cantități de energie, cu efecte distructive. În aceste puncte (mai ales la nivelul de separare a 2 medii cu densități diferite), presiunea poate crește până la câteva mii de atmosfere și temperatură, la câteva sute de grade. Acest fenomen apare la intensități ultrasonice foarte ridicate și în medii lipsite de aer sau gaze. În lichidele în care există aer (sau alte gaze) dizolvat, se produce fenomenul de pseudocavitație, caracterizat prin degazeificarea lichidului (prin ultrasunet). În practica terapeutică curentă nu se pot produce fenomene de cavităție.

Efectul de difuziune. Consta în creșterea permeabilității membranelor, în dovedit experimental.

Efecte chimice. Este vorba de procese de oxidare, reducție, depolarizare și alterare a structurii substanțelor chimice supuse acțiunii UUS.

VII.4. MECANISME DE PRODUCERE A UNDELOR ULTRASONORE

1. Procedee mecanice. Sunt cele mai simple și clasice modalități de producere fiind vorba de punerea în vibrație a unei lame metalice fixate, de anumite dimensiuni sau a unui diapazon.

2. Procedee magnetice. Constanță din generatorul magnetostrictiv, la baza căreia stă principiul de schimbare a dimensiunilor unor metale prin magnetizare periodică cu ajutorul unui curent alternativ (fier, cobalt și a.).

Dacă frecvența curentului depășește 20 kHz, se obțin ultrasunete. Frecvența curentului trebuie să fie egală cu frecvența proprie a barei metalice (frecvență rezonanță). Frecvența maximă înregistrată prin acest procedeu este de 175 kHz.

3. Procedeul piezoelectric. Se bazează pe proprietatea unor cristale (ca turmalină, blendă, titanat de bariu, zirconat de bariu și plumb etc.), tăiate în anumite secțiuni, de a se comprima și dilata într-un anumit sens, dacă sunt supuse la variații de potențial electric. Acesta este efectul piezoelectric invers, descoperit de Lange și Kilovski.

Lama de cuarț trebuie să aibă suprafețele perpendiculare pe axa electrică a cristalului. Un cristal are o axă optică (Z) longitudinală, 3 axe electrice (x), care unesc muchiile și 3 axe mecanice (y), care unesc mijlocul fețelor opuse (fig. 126).

Prin comprimarea suprafețelor lamei de cuarț tăiate în modalitatea reprezentată, apar sarcini electrice pe fețele perpendiculare pe axa electrică (sarcină de comprimare). Aceleasi fenomene se produc și atunci când se exercită o tracțiune pe

te-a lungul axei mecanice y. Dacă se exercită o tracțiune pe axa electrică, se obține schimbarea polarității electrice. Deci efectul mecanic poate fi transformat în efect electric prin intermediul fenomenului piezoelectric direct al lamei de cuarț. Fenomenul invers de transformare a aripiiilor de potențial electric în efecte mecanice prin intermediul cristalului de cuarț, se numește efect piezoelectric inversat și stă la baza construirii aparatelor de ultrasunete. Dacă frecvența oscilațiilor curentului electric alternativ utilizat corespunde cu frecvența proprie de vibrație a cristalului, lama de cuarț intră în rezonanță și amplitudinile vibrațiilor cresc foarte mult, atingând valori maxime. Acestea sunt în raport cu dimensiunile lamei de cuarț. Cu cât lama de cuarț este mai subțire, cu atât frecvența ei de rezonanță este mai înaltă. La o frecvență de vibrații foarte mare se folosesc drept sursă de potențial electric curentii de înaltă frecvență.

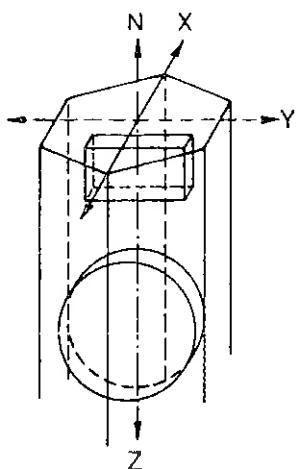


Fig. 198 – Secțiunile lamei de cristal de cuarț.

VII.5. APARATE PENTRU ULTRASONOTERAPIE

Aparatele pentru ultrasonoterapie sunt alcătuite dintr-un generator de înaltă frecvență, un cablu de racord și un traductor („emitterul de ultrasunete”). Noțiunea de traductor definește un dispozitiv destinat să convertească o formă de energie parecare în energie ultrasonică sau invers. Deci, traductorul este un component care, fiind conectat la echipamentul ultrasonic, transmite unde ultrasonică și o recepționează pe cea reflectată. Generatorul de înaltă frecvență produce unde cu o frecvență de 800–1 000 kHz. Primele aparate construite pentru acest domeniu terapeutic erau mari, având o greutate de 50–60 kg și necesitau în utilizarea lor răcirea cu apă a cordonului traductorului. Aparatele moderne au o greutate mult redusă și perfecționările tehnice aduse elimină necesitatea acestei manevre (fig. 199 și fig. 200).

Aparatele sunt prevăzute cu un sistem de redresare, de transformare a curentului, un circuit oscilant cu triodă și un circuit rezonator cu un condensator variabil. În câmpul condensator este intercalat cristalul piezoelectric (piezoceramic), care se află în capul traductorului. Alimentarea se face de la rețea (curent alternativ de 50–60 Hz).

Pe panoul frontal de comandă, aparatele moderne sunt prevăzute cu următoarele elemente: comutatorul (comutatoarele), pentru pornire și creștere a intensității separat pentru traductorul mare și pentru traductorul mic, ceasul semnalizator pentru marcarea timpului ședinței de tratament (de diferite tipuri), instrumentul de măsură al energiei ultrasonicice furnizate și borna (bornele) pentru cuplarea cu mufele cordoanelor traductoarelor. Instrumentul de măsură este prevăzut cu gradații ce permit alegerea „intensității” aplicației între $0,05 \text{ W/cm}^2$ și $2-3 \text{ W/cm}^2$ (la majoritatea aparatelor). Pe panoul frontal al aparatelor mai sunt înscrise semne – simbol pentru utilizarea traductorului mare sau mic, a formei de câmp continuu și

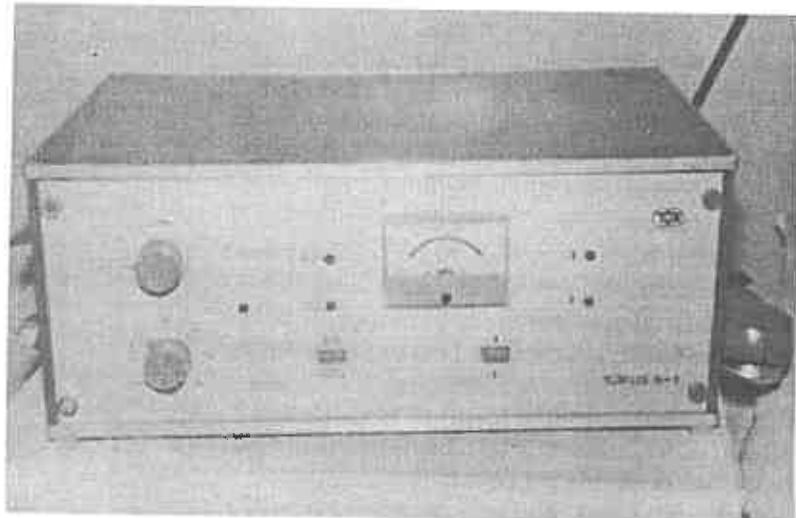


Fig. 199 – Aparatul TUR US 6-1.

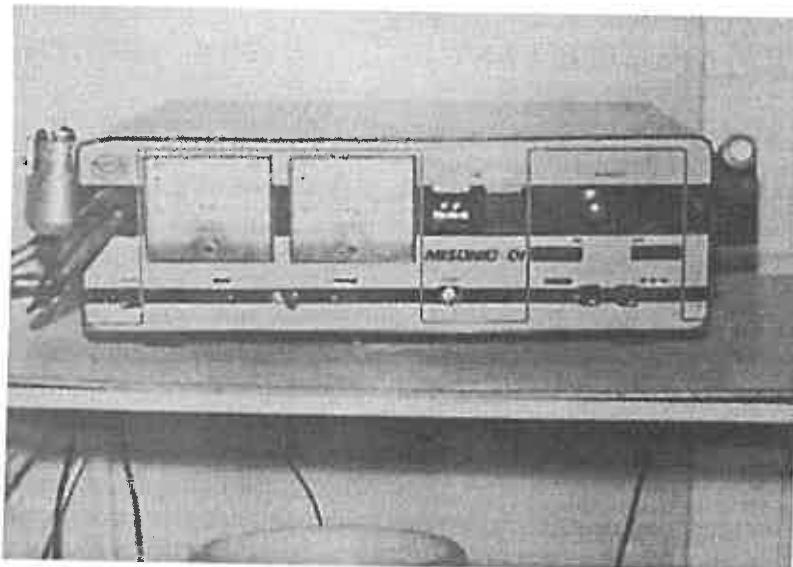


Fig. 200 – Aparatul Misonic.

discontinuu, precum și beculețe semnalizatoare care atestă funcționarea (emiter energiei ultrasonice). Ceasul semnalizatorului întrerupe automat funcționarea aparatului la exprimarea timpului fixat pentru durata aplicației.

Unitatea de măsură în wați exprimă cantitatea de energie pe cm^2 de suprafață a capului traductorului.

Doza maximă prescrisă pe toată suprafața traductorului se apreciază la 10–12 wați. Lebitul ultrasonic maxim al unui aparat se calculează prin produsul dintre suprafața de emisie a traductorului cu watt-ajul/ cm^2 . Suprafața de emisie

traductorului mare prezintă unele variații, după tipul aparatului și firma producătoare, între 4 cm^2 (Sonosan-Hütinger – R.F.G. Sonostat 733 – R.F.G.) și $6,4 \text{ cm}^2$ (diverse tipuri de aparate TUR – R.D.G., Misonic – România), iar cea a traductorului mic, între 1 cm^2 /Sonostat 733 – R.F.G.) și $1,4 \text{ cm}^2$ (TUR și Misonic). S-a apreciat că energia emisă de suprafața capului traductorului nu este omogenă, ea fiind mai intensă în zona centrală a sa. Capul traductorului este astfel construit (etanș), încât poate fi utilizat la tratamentele indicate și prin scufundare în apă (în vane pentru extremitățile membrelor).

În condițiile în care se fac mai multe aplicații terapeutice succesive de ultrasonoterapie, pentru evitarea propagării vibrațiilor ultrasonice în mâna și antebrațul terapeutului, cu consecințe nedorite (dureri, reacții tendinoase), se recomandă utilizarea unor mănuși, de preferință din bumbac.

Când se fac aplicații sub apă, se utilizează un braț accesoriu care se fixează la mânerul traductorului. Mai menționăm pentru tehnica de lucru a aplicațiilor sub apă, necesitatea utilizării unei oglinzi concave reflectorizante menținute într-un unghi de 45° față de suprafața de emisie a traductorului. În ultima vreme s-a renunțat la aceasta, din motive ce se vor arăta mai departe.

VII.6. ACTIUNILE BIOLOGICE ALE ULTRASUNETELOR

Efectele biologice ale ultrasunetelor asupra țesuturilor vii sunt incomplet cunoscute deoarece studierea acestora a întâmpinat numeroase dificultăți, motivate de multitudinea parametrilor caracteristici ultrasunetelor, variația acestora și de heterogenitatea structurilor tisulare.

Cercetările mai multor autori – dintre care cităm pe Juravliv și Pevneva – ajung la concluzia că în domeniul intensității de $0,1\text{--}0,4 \text{ w/cm}^2$ se produc modificări biologice tisulare minime și reversibile, între $0,5$ și $0,7 \text{ w/cm}^2$ se instalează efecte fizico-chimice și biologice maxime (reversibile), iar peste $0,8 \text{ w/cm}^2$ încep să apară modificările ireversibile.

La intensități nici până la $0,5 \text{ w/cm}^2$, la nivel celular se realizează o creștere a permeabilității membranelor celulare, o activare moleculară prin creșterea treptei energetice a electronilor externi atomici. Tot la dozele mici de intensitate, crește activitatea de respirație celulară, sunt activați fermentii glicolitici, sunt desfăcute macromoleculele glucidice, sunt activate procesele oxidative, se produc efecte reducătoare (confirmate de creșterea conținutului în grupe sulfhidril din ficat, rinichi, creier și miocard la animalele de experiență).

La nivel tegumentar are loc o eliberare masivă de mastocite cu producere consecutivă mărită de histamină. Creșterea permeabilității celulelor tegumentare duce la posibilitatea difuzării prin piele a unor substanțe aplicate tegumentar, pentru care în mod normal, aceasta este practic impermeabilă (sonoforeză).

Dozele medii produc o hipertermie tegumentară, iar dozele mari ajung să provoace eritem, peteșii, flictene. În țesutul conjunctiv are loc o vasodilatație cu

hiperemie consecutivă. Dozele medii au efecte fibrolitice prin acțiune de rupere și fragmentare tisulară, fragmentarea macromoleculelor, hipermeabilizarea membranelor, creșterea metabolismului celular local, vasodilatație crescută. Dozele mari ajung să producă distrucții celulare și rupturi capilare.

În țesutul muscular, intensitatea modificărilor produse este de asemenea proporțională cu intensitatea ultrasunetelor aplicate.

Țesutul osos reacționează la dozele mici prin formare de osteofite (Naumann), iar la doze mari, prin edeme hemoragice, necroze osoase. La nivelurile limită de întâlnire a țesutului osos cu părțile moi, se produce – după cum s-a arătat mai sus – o acumulare importantă de energie calorică, suprafața osului încălzindu-se de 5 ori mai mult decât mușchiul. Țesutul osos de la nivelul epifizelor în perioada de creștere a copiilor și adolescentilor este foarte sensibil. În sângele supus iradierii cu ultrasunete scad proteinemia, albuminele și a-globulinele; cresc globulinele, eritrocitele se concentrează în grupuri, coagularea sanguină prezintă tendință la încetinire.

VII.7. EFECTELE FIZIOLOGICE ALE ULTRASUNETELOR

Principalele efecte fiziologice sunt:

- analgetice;
- miorelaxante;
- hiperemante.

Efectele analgetice se realizează prin intermediu SNC, printr-o serie de mecanisme care se produc ca și la acțiunea curenților analgetici de joasă frecvență. Le amintim pe scurt: activitatea unui sistem de inhibare a transmisiei informațiilor durerioase prin stimularea electrică selectivă a fibrelor neconducătoare ale durerii groase, mielinizate, rapid conducătoare, care transmit informațiile de la proprioceptorii mecanici, cu „închiderea“ consecutivă a sistemului de control al accesului informațiilor prin fibrele pentru durere; stimulare electrică precisă a ariilor cerebrale, în special din substanța cenușie mezencefalică, cu rol de sistem inhibitor al durerii (vezi prezentarea detaliată a acestor mecanisme în cadrul capitolului care tratează curenții de joasă frecvență).

Efectul miorelaxant s-ar explica prin acțiunea vibratorie a us asupra proprioceptorilor musculari și tendinoși, care se știe că răspund bine la frecvențe de 150 Hz.

Acțiunea hiperemiantă, cu efecte resorbitive și vasculotrofice se produce prin vasodilatația arteriolelor și capilarelor, cu activarea corespunzătoare a circulației sanguine. Această acțiune se realizează prin influențarea și prin intermediu sistemului nervos vegetativ.

Stuhlfauth a fost cel care a arătat acțiunea simpaticolitică a ultrasunetului și a introdus în acest scop calea tratamentului neuroreflex ca o modalitate certă de influențare a SNV. Astfel, pe lângă aplicațiile terapeutice locale, s-a ajuns la câteva modalități de aplicații cu acțiune reflexă a ultrasunetului, care au devenit tehnici

bine conturate și valoroase de tratament. Ne permitem să le prezentăm aici, deoarece sunt în strânsă legătură cu mecanismele fiziologice.

a) Aplicația segmentară indirectă pe zonele paravertebrale corespunzătoare a rădăcinilor nervoase medulare, în procesele patologice ale membrelor. Este un tratament cu transmiterea efectului energiei ultrasonore la distanță de locul de distribuire a acestor neuroni.

Pentru afecțiuni localizate la membrul superior, tratamentul se aplică pe regiunile paravertebrale cuprinse între C_3 și T_1 , în zonele corespunzătoare segmentului bolnav (umăr, braț, antebraț, mână). Nu se aplică pe regiunea paravertebrală aflată mai sus de C_3 , deoarece prelungirea cranială a măduvei spinării (*Medulla oblongata*) nu trebuie atinsă de oscilațiile ultrasonore.

Aplicarea segmentară în afecțiunile membrului inferior (șold, coapsă, gambă, picior) se face pe marginea inferioară și externă a sacrului, pe zona articulației sacroiliace și paravertebral lombar și toracal inferior (fig. 201).

b) Aplicația segmentară directă pe cale neurală, de-a lungul nervilor periferici (sau de-a lungul arterelor mari, cu acțiune pe plexurile simpatice însoțitoare). Acțiunea se bazează pe aceleași principii cu masajul reflexogen și se aplică în sensul caudal → cranial.

Aplicația se începe de sub marginea inferioară a sacrului și se continuă ascendent pe partea exterioară a articulației sacroiliace, apoi sub creasta iliacă spre lateral, față posterioară a marelui trohanter, paravertebral lombar, ascendent, până la nivelul apofizei spinoase a vertebrei T_3 . Durata manevrării în regiunea paravertebrală trebuie să cuprindă cel puțin jumătate din timpul total al aplicației; după caz, se aplică și pe marginea externă a mușchiului dorsal mare, până la nivelul marginii inferioare a toracelui. Musculatura cervicală contractată poate fi decontractată cu câteva mișcări circulare ale traductorului (fig. 202).

În cazul suferințelor cardiace, nu se va aplica această metodă.

c) Aplicații reflexe pe zonele cutanate dermatomale corespunzătoare organelor interne (Head), pe zonele musculare (Mackenzie), zonele cu reacții conjunctive de tipul miogelozelor (*Trigger-points*) și – eventual – pe zonele periostale (Vogler). Acestea vor fi stabilite prin examenul clinic amănuntit al pacientului.

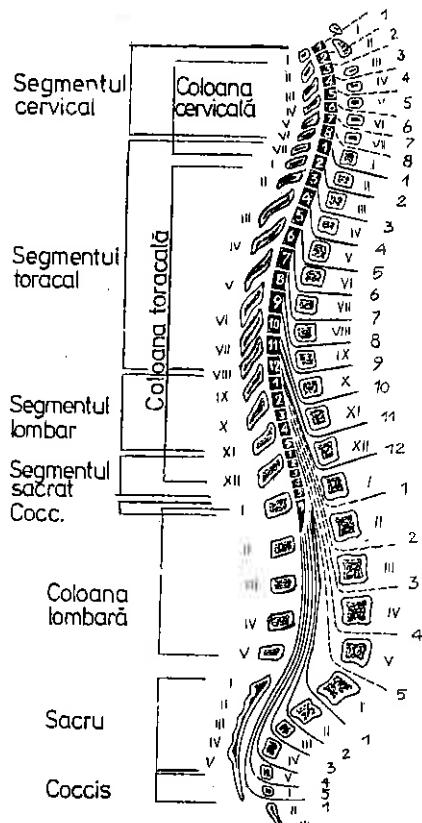


Fig. 201 – Reprezentarea schematică a poziției măduvei spinării față de coloana vertebrală (după Knoch).

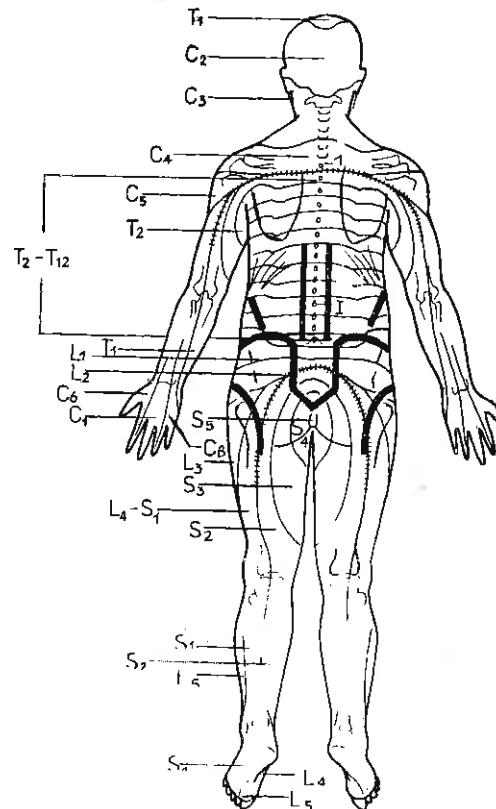


Fig. 202 – Direcționarea traductorului în aplicațiile pe cale neurală (după Knoch).

d) Aplicații reflexe la distanță pe ganglionii simpatici (ganglionul stelat). Tratamentul aplicat pe zona ganglionului stelat – se recomandă utilizarea ultrasuncutului în impulsuri – produce în teritoriul său de distribuție, creștere temperaturii cutanate și senzație de căldură locală.

Când este cazul, în funcție de patologia bolnavului tratat, se pot asocia cele cinci modalități de aplicare.

Mai adăugăm existența unei modalități speciale de aplicare a tratamentului cu ultrasunete și anume iradicarea regiunii hipofizare în scopul inhibării selective a funcției sale perturbate, utilizată în boala Cushing, metastaze neoplazice, sindrom Ménière. Prin utilizarea acestei metode în sindromul Ménière, Arslan relatează 90% vindecări pe 2 000 cazuri.

Pe lângă efectele fiziologice principale menționate mai sus, adăugăm ca efecte secundare, pe cele fibrolitice (legate de fenomenele de „rupere și fragmentare tisulară”) și pe cele anti-inflamatorii (explicate prin acțiunile vasomotorii și metabolice).

VII.8. METODOLOGIA APLICAȚIILOR CU ULTRASUNETE

VII.8.1. ALEGAREA FORMEI DE CUPLAJ

a) Cuplajul direct. Este forma cea mai frecvent utilizată. Se aplică pe suprafețele corporale plane, netede și fără leziuni cutanate (fig. 203). Se folosește o substanță (soluție) de contact, care se aplică pe suprafața regiunii tratate. Se recomandă să nu fie rece, pentru a nu provoca o reacție locală de vasoconstricție. Interpunerea unei soluții de contact între capul traductorului și tegument este necesară pentru a se evita reflectarea undelor oscilatorii ale ultrasunetelor de către straturile de aer; pelicula soluției de contact preia energia ultrasonoră emisă prin capul traductorului și o transmite corpului. Dacă stratul substanței de contact este prea gros (în cazul folosirii de unguente), scade acțiunea de profunzime a ultrasunetului. Ca urmare, se recomandă și se preferă utilizarea uleiurilor minerale de



Fig. 203 – Aplicație de ultrasunet în cuplaj direct.

parafină, de vaselină sau a glicerinei. Dacă se urmărește o acțiune mai superficială (în primele straturi tisulare, cutanat și subcutanat), se poate aplica un unguent cu ulei de pește sau altă componentă uleioasă asemănătoare, deci o substanță de contact mai densă, care scade puterea de penetrație în profunzime, dar în orice caz este permeabilă la ultrasunet.

b) Ultronoforeza (sonoforeza). Este tot un cuplaj direct, care se realizează cu ajutorul unor substanțe medicamentoase înglobate în soluția de contact, aleasă în funcție de scopul terapeutic urmărit. În aceste condiții, materialul de contact fiind mai dens, se reduce acțiunea de profunzime. După Gatev, pătrunderea medicamentului în tegument cu ajutorul ultrasunetului este calculabilă matematic („indice ultronoforetic“) și este direct proporțională cu intensitatea și durata aplicării. Acest indice (efectul în profunzime) este și în funcție de grosimea straturilor tisulare străbătute, caracteristice după constituția anatomică a individului, precum și de starea fiziologică a pielii. O aplicatie termică prealabilă poate argumenta pătrunderea medicamentului în tegument, implicit și indicele sonoforetic. Zona tegumentară tratată cu ultrasunet își îmbunătățește capacitatea de resorbție pentru ședințele ulterioare.

c) Cuplajul indirect se face prin intermediul apei (subacval) în băi parțiale (mai frecvent) sau generale (fig. 204). Avantajele metodei: asigură un cuplaj uniform și astfel se pot trata în mod corespunzător regiunile și segmentele corporale cu neregularități de relief (mână, articulația pumnului, picior, gleznă, cot etc.). De asemenea, cu această metodă se pot trata zonele sensibile, cu hiperestezii, precum și regiunile care prezintă plăgi ulceroase și procese infectioase locale. Tratamentele se efectuează cu traductorul mare.

Vanele (cădițele) în care se aplică tratamentul trebuie să fie confecționate din material rău conductor de electricitate. Dimensiunile acestora trebuie să fie corespunzătoare, în sensul de a nu fi prea mici, deoarece pereții lor reflectă undele ultronore care, prin interferare cu mediul lichid, creează un câmp neuniform de



Fig. 204 – Aplicație de ultrasunet în cuplaj indirect.

tratament, precum și posibilitatea producerii de unde staționare. Dopurile pentru orificiile de evacuare trebuie să fie din cauciuc. Temperatura apei trebuie să fie în jur de 36° – 37°C ; temperaturile mai joase scad intensitatea ultrasunetului, iar cele mai ridicate o amplifică. Se recomandă ca apa din vană să fie stătută, pentru a avea timp să dispară bulele de gaz apărute în apă. De asemenea, este indicat ca miciile bule de gaz formate și aderate de suprafața tegumentului regiunii cufundate în apă – care formează un ecran – să fie îndepărtate înaintea începerii tratamentului (cu mâna, cu o spatulă sau o baghetă). Capul traductorului se aplică paralel cu suprafața regiunii, la o distanță de 2–3 cm, imprimându-i-se mișcări line.

Traductorul se fixează la o tijă cu rol de prelungitor, pentru ca mâna terapeutului să nu vină în contact cu oscilațiile ultrasonore propagate în apă; în lipsa acestuia, terapeutul va folosi obligatoriu o mănușă pentru protecție. În cazul introducerii unei substanțe cu efect terapeutic în apă, utilizarea tijei-prelungitor devine obligatorie.

S-a renunțat la utilizarea unui reflector de unde ultrasonice (care era aşezat pe fundul vanei în direcția regiunii tratate), deoarece acesta neuniformizează câmpul de unde.

Stabilirea regiunii tratate. Este vorba de stabilirea de către medic – după examenul clinic amănunțit al cazului tratat și în funcție de obiectivele urmărite – a regiunilor ce trebuie supuse aplicațiilor terapeutice, local sau pe cale neuroreflexă, după cum au fost descrise în capitolul precedent.

VII.8.2. ALEGAREA FORMEI DE ULTRASUNET

- a) Ultrasunet în regim continuu.
- b) Ultrasunet în regim discontinuu (cu impulsuri). Cum s-a arătat mai înainte (la prezentarea proprietăților fizice) această formă prezintă avantajul de a evita sau reduce efectul termic, potențând pe cel analgetic și decontracturant; de asemenea, se presupune că intercalarea pauzelor ar crea posibilități de „refacere tisulară“,

evitând acomodarea și suprasolicitarea țesuturilor tratate. În același context, am prezentat noțiunea de „coeficient de umplere“, adică raportul dintre durata impulsului și perioada de recepție.

Pentru practica terapeutică se recomandă raportul 1/4–1/5 (durata impulsului față de perioada de repetiție). La o frecvență a impulsului de 1 Hz (60 impulsuri/minut), durata perioadei de impulsuri este de 1 s. Mulți autori recomandă frecvența de 50–100 Hz a impulsurilor, care prezintă o bună acțiune analgetică, ca și în domeniul curentilor de joasă frecvență. B. Tschannen a demonstrat electromiografic efecte miorelaxante superioare obținute cu forma us cu impulsuri față de cea continuă. De asemenea, autorii francezi au obținut bune efecte analgetice și miorelaxante cu această formă.

VII.8.3. ALEGEREA TRADUCTORULUI

Traductorul se va alege în funcție de mărimea și forma suprafeței corporale tratate. În cazul suprafețelor mai mari și plane, se va alege traductorul mare (fig. 205). Dacă zona tratată este de dimensiuni reduse sau are un profil mai neregulat (proeminente articulare, osoase), se alege traductorul mic (fig. 206). Se poate trata și combinat, în funcție de caz, cu ambele dimensiuni în aceeași ședință.

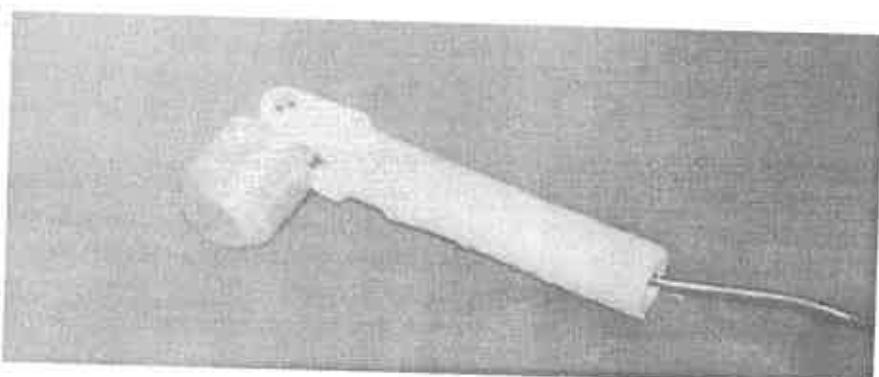


Fig. 205 – Traductor mare.

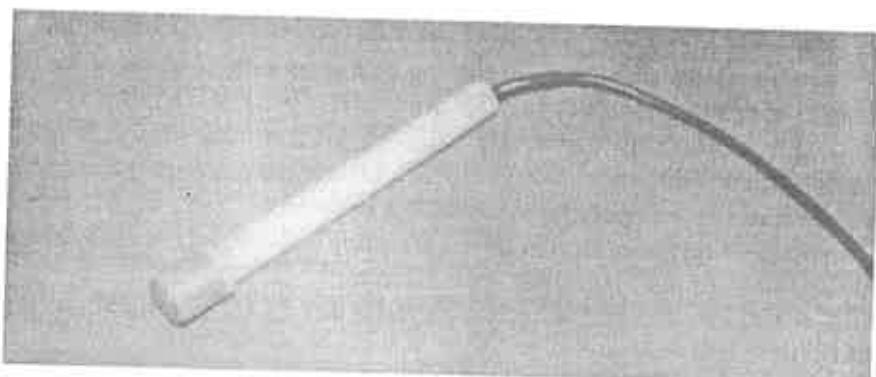


Fig. 206 – Traductor mic.

VII.8.4. MANEVRAREA TRADUCTORULUI

Principalele metode de manevrare în aplicarea traductorului pe regiunea tratată sunt:

a) Metoda cinetică sau dinamică, cea mai frecvent folosită, care are avantajul uniformizării maximelor și minimelor de intensitate, omogenizând efectele ultrasunetului în structuri tisulare diferite. Se execută mișcări lente, în ritm constant, același nivel, în formă circulară, liniară, în spirală sau sinusoidal.

b) Metoda statică sau staționară. Se utilizează mult mai rar, fiind uneori preferată – sub o formă semistatică (semimobilă) – în aplicațiile pe regiuni ganglionare, radiculare paravertebrale, miogeloze și calcificări tendinoase, etc., cutându-se mișcări foarte lente.

VII.8.5. DOZAREA INTENSITĂȚII. PRINCIPII DE DOZARE

Doza energiei ultrasonore aplicate are o mare importanță în conducederea reușita acestei forme de terapie fizică.

Intensitatea este exprimată în W/cm^2 de suprafață a capului traductorului mai rar, valorile sunt date de watt-ajul total pe capul „radianț“. Din experiența acumulată de practica terapeutică îndelungată și numeroasele cercetări efectuate s-a constatat fără dubii că valoarea intensității utilizate în aplicațiile terapeutice depinde de o serie de elemente și anume:

- regiunea tratată. Are importanță grosimea straturilor tisulare. Spre exemplu la nivelul articulațiilor neacoperite cu un țesut muscular bogat – cum este cotul – trebuie utilizate intensități mici, deoarece undele ultrasonore sunt reflectate de os (de aceea nu se aplică în aceste situații metoda statică);

- profunzimea locului tratat. Pentru straturile mai profunde se pot utiliza intensități mai mari;

- forma de cuplaj. În aplicațiile subacvale se prescriu intensități mai mari;

- metoda de manevrare a traductorului. În metoda statică se utilizează intensități reduse;

- calea de aplicare. În aplicațiile pe cale neuroreflexă se recomandă și se utilizează intensități de $0,2\text{--}0,3\text{--}0,5 \text{ W/cm}^2$;

- natura afecțiunii tratate. De exemplu, s-a constatat că multe cazuri de spondilită anquilozantă suportă de la începutul tratamentului doze mai mari față de alte situații patologice, precum nevralgile și nevritele;

- stadiul afecțiunii. În stadiile acute trebuie aplicate doze reduse, în timp ce în stadiile cronice pot fi prescrise doze mai mari;

- vârstă pacienților. Pacienților cu vârstă sub 18 ani și peste 60 de ani li se prescriu doze mai reduse;

- starea generală a pacienților. La cazurile care prezintă labilități neurovegetative, oboselă, somnolență, cefalee, se recomandă reducerea dozelor.

În ceea ce privește relația dintre intensitate și durata ședinței de aplicație, menționăm că „legea intensitate-durată = constantă“ din domeniul galvanoterapiei nu este valabilă în ultrasonoterapie. Ședințele lungi cu intensitate scăzută au alte efecte decât ședințele scurte cu intensitate mare.

Pentru a fi ușoră în practică, alegerea valorilor de intensitate – în funcție de cazul tratat – acestea au fost împărțite în trei trepte de dozaj. Este interesant și, totodată, important de semnalat că experiența ultimilor 25 de ani a arătat că dozele mici au efecte biologice, fiziologice și terapeutice mai favorabile (Edel, Bergmann, Lange și al.).

În acest context, considerăm sugestiv a prezenta reconsiderarea în timp de către specialiști a treptelor valorice de intensitate optimă pentru tratamentul cu us.

Trepte de intensitate	La început	În anii '60	În monografiile contemporane
Doze mici	0,5–1,5 W/cm ²	0,1–0,5 W/cm ²	0,05–0,4 W/cm ²
Doze medii	1,5–3 W/cm ²	0,5–1,5 W/cm ²	0,5–0,8 W/cm ²
Doze mari	peste 3 W/cm ²	2–3 W/cm ²	0,9–1,2 W/cm ²

O altă consecință practică a acestei noi orientări terapeutice în ceea ce privește treptele de dozaj este faptul că aparatele de ultrasunete care se construiesc în prezent au limită superioară a intensității la valoarea de 2 W/cm² în loc de 3 W/cm², considerată ca inutilă în practica terapeutică.

În orice caz, se apreciază că există o limită inferioară pentru intensitatea tratamentului, sub care nu se mai obțin efecte terapeutice și o altă limită superioară, peste care apar efecte nocive. Între aceste două limite se situează dozele terapeutice, determinabile cel mai adesea prin experiență personală și tatonări. Autorii germani recomandă o dozare treptată, începând cu doze mici la primele ședințe, crescându-se apoi intensitatea dacă se consideră necesar, în funcție de reacțiile imediate și tardive, precum și de rezultatele obținute.

VII.8.6. STABILIREA METODOLOGIEI DE TRATAMENT ÎN FUNCȚIE DE NATURA ȚESUTURILOR TRATATE

În funcție de structurile tisulare tratate sunt necesare o serie de precizări privind tehnica aplicațiilor, legată de particularitățile acestora.

Pentru țesutul cutanat. În general se recomandă intensități mici, de 0,1–0,2 w/cm²; în zonele hiperalgice se utilizează chiar doze mai reduse (0,02 w/cm² după Hintzelmann). Traductorul se manevrează liniar, de-a lungul segmentelor cutanate. În zonele cu rigiditate cutanată se recomandă aplicația pe zona caudală (distală) a acestora. Dacă se dorește obținerea unui efect mai accentuat în stratul cutanat, se va alege o soluție de contact cu consistență mai densă decât uleiul.

Pentru țesutul muscular. Manipularea traductorului se face fără presiune mare, cu mișcări sinusoidale – spirale, schimbând sensul de mișcare la zonele de inserție,

în direcția fibrelor tendomusculare, nu transversal pe ele. Se vor trata zonele de trecere de la mușchi la tendon, zonele tendinoase și ligamentare. Dozele de intensitate pot fi mai crescute față de tratamentul țesutului cutanat.

Pentru țesuturile articulare și osoase. Când tratăm regiunile articulare, căutăm să le poziționăm cât mai adecvat unei aplicații optime. În cazul tratării fracturilor se vor practica ferestre în aparatul gipsat pentru a putea stimula cu energia ultrasonoră formarea calusului. Zonele cu vascularizație superficială evidentă din vecinătatea articulațiilor se vor evita sau se vor trata cu intensități reduse. Se evită tratarea ectaziilor venoase de pe fața internă a genunchilor. Regiunile coloanei vertebrale se pot trata în ortostatism și în decubit ventral.

Umerii sunt cel mai bine tratați cu brațul în poziție de abducție la 90° și în rotație externă sau internă în funcție de caz. Articulațiile degetelor mâinii se recomandă să fie mobilizate activ în timpul tratamentului (aplicația în apă), prin mișcări de flexie, extensie, lateralizare. Regiunile cu creșteri osoase aflate la suprafață trebuie evitate (din motivele arătate mai înainte privind reflectarea undelor ultrasonore de țesutul osos).

VII.9. TEHNICA APLICAȚIILOR CU ULTRASUNETE

În încăperea în care se efectuează tratamentul trebuie să existe o temperatură de confort termic. Patul sau scaunul pe care va fi așezat pacientul trebuie să fie confectionat din lemn. Aparatul de ultrasunete va avea împământarea asigurată.

Organismul trebuie să se afle într-o stare de echilibru termic general; stările febrile sunt contraindicate la tratament. Se recomandă ca în cazul unor extremități cu circulație deficitară, acestea să fie preîncălzite cu scurte băi parțiale calde pentru activizarea circulației generale. Pacientul, inclusiv regiunea tratată, trebuie să se afle în poziții cât mai relaxate. De asemenea, indiferent de metoda de cuplaj aplicată, regiunea tratată nu trebuie să prezinte compresiuni care să stânjenească circulația sanguină locală.

După așezarea pacientului pentru tratament și însușire a prescripției terapeutice se trece la manevrarea aparatului.

Se acționează comutatorul de pornire al acestuia, care poate fi rotativ sau basculant, în funcție de modelul său și ceasul semnalizator fixat la durata prescrisă pentru ședință. Funcționarea traductorului poate fi verificată prin aplicarea unei picături de ulei de parafină sau alcool pe suprafața capului de tratament. Se constată o „fierbere“ a acesteia în momentul intrării în rezonanță a cristalului cu generatorul de înaltă frecvență. Se aplică traductorul pe zona ce urmează a fi tratată și prin acționarea comutatorului de intensitate se fixează la doza prescrisă. Aparatele generatoare de ultrasunet devin tot mai perfecționate. Comutatorul de fixare a intensității poate să permită o cursă continuă de manevrare sau trepte fixe, la valorile înscrise pe cadranul instrumentului de măsură. La încheierea timpului scurs pentru desfășurarea ședinței de tratament, se readuc la pozițiile inițiale comutatoarele pentru dozajul intensității și de pornire a aparatului. Se recomandă ca în timpul

executării procedurii să nu se ridice capul traductorului de pe zona tratată. Aparatele mai noi au adus unele perfecționări precum:

- cuplajul automat cu ceasul;
- ceasul indică timpul efectiv de aplicare a tratamentului, acesta nefuncționând atunci când contactul dintre suprafața traductorului și suprafața cutanată nu este intim (nu se transmite energia ultrasonică);
- permit o dozare mai precisă a intensității: dacă la un moment dat, peste 50% din suprafața capului traductorului nu mai are contact cu tegumentul, are loc o avertizare automată.

Durata ședințelor de tratament variază cu suprafața regiunii tratate, afecțiunea tratată, stadiul evolutiv al acesteia. În general, durata unei aplicații pe o zonă este de 2–5 minute; în cazul tratării articulațiilor mari se ajunge la 6–10 minute. În nici un caz nu se va depăși timpul total de aplicație peste 10–15 minute pe mai multe zone tratate în aceeași ședință. În stadiile acute se aplică ședințe de scurtă durată, în cele cronice durează mai lungi. Durează mai lungi pot fi utilizate în tratamentul cicatricelor cheloide, bolii Dupuytren, calcificărilor tendinoase, sclerodermiei.

Ritmul ședințelor este – în funcție de caz – zinic sau la 2 zile. Numărul ședințelor va fi, de asemenea, adaptat în funcție de caz, în general 6–15 ședințe. Seria de ședințe se poate repeta – în funcție de rezultatele obținute și scopul urmărit – la 4–6 săptămâni. Mai precizăm ca demne de luat în considerație următoarele recomandări:

- aplicația de ultrasunet să nu fie urmată imediat de altă procedură;
- nu este indicată succesiunea terapeutică masaj-ultrasunet sau ultrasunet-masaj în aceeași jumătate de zi (mai ales masajul reflex), deoarece acestea sunt două proceduri cu acțiune asemănătoare ca terapie neuro-reflexă;
- este contraindicată aplicarea concomitentă a roentgenerapiei cu ultrasono-terapia pe aceeași regiune;
- aplicațiile cu ultrasunete pot preceda ședințele de kinetoterapie datorită acțiunii analgetice și miorelaxante ale celor dintâi;
- în anumite afecțiuni se recomandă terapia combinată de sonoterapie cu curenți de joasă frecvență în scopul unei potențări analgetice și miorelaxante (ultrasunet și curenți diadinamici).

VII.10. TERAPIA COMBINATĂ ULTRASUNET CU DIADINAMICI

În 1949, Gierlich a stabilit și relatațat pentru prima dată despre efectul analgetic și hiperemiant al combinației simultane în terapie a ultrasunetului cu curenți excitatori de joasă frecvență. Astfel, Gierlich și Jung sunt cei care aplică primii tratamente cu ultrasunet asociat cu curenți diadinamici, obținând rezultate bune, confirmate apoi de Hilling, Schmieder și alții autori. Acțiunile celor două forme terapeutice de energie se potențează „reciproc“, constatăndu-se obținerea concomitentă a unor certe efecte analgetice (din partea curenților diadinamici) și mio-relaxante (din partea ultrasunetului).



Fig. 207 – Aparatul Sonodynator-Siemens.

După 1965, în S.U.A. și R.F.G. au fost realizate aparate care permit aplicarea simultană a ușii cu curenți diadinamici și a căror utilizare s-a extins progresiv rapid. Unul din cele mai cunoscute și utilizate aparate de acest tip în Europa este modelul Sonodynator – Siemens AG – R.F.G. (fig. 207). Prin utilizarea combinată cu aparate din seria modelelor RS, autorii din R.D.G. au aplicat concomitent cu ușii și alte forme de curenți de joasă frecvență, precum curenții Trabert și neofaradic în grupuri modulate (Goldbach, Rabbel, Heidenreich).

O primă indicație de utilizare a acestei metode este identificarea și terapia selectivă a punctelor dureroase de natură fibroconjunctivă din cadrul sindromului dureros miofascial (denumire cătă de Travell și Rinzler miogelozelor) sau *Trigger-points*. Acestea se vor evidenția sub forma unor „microzone“ circumscrise de culoare roșie și foarte dureroase. Tratarea lor corectă duce însă la o reducere rapidă a durerilor.

Indicațiile terapeutice ale acestei metode sunt reprezentate de cele adresate curenților diadinamici și ultrasunetelor, principalele fiind: sindroamele dureroase vertebrogene, bursitele, tendinozele și tendinititele, unele artrite și artroze reactive, scânele posttraumatice ale părților moi, sindromul dureros miofascial.

În cadrul tehnicii de aplicare a acestei metode trebuie reținute și respectate câteva elemente caracteristice.

Ca soluție de cuplaj între capul traductorului și suprafața cutanată a regiunii tratate trebuie folosită o substanță specială, care să fie permeabilă pentru ultrasunete, cât și bună conducătoare electric pentru curenți diadinamici, asigurând astfel o transmitere optimă și corespunzătoare a energiei către țesuturile tratate. Consistența mai fluidă a acesteia capătă o importanță deosebită, deoarece tehnica dinamică de tratament presupune o bună alunecare a capului traductorului. Dintre substanțele utilizabile și folosite cităm: Aquasonic (Parker Laboratoires – Irvington – S.U.A.), Glycerolum DAB7 și Glyzerin-Gelee (R.D.G.), Pclamar (România) și.a.

Electrodul activ pentru aplicarea tratamentului îl constituie traductorul de ultrasunet, care va fi racordat la polul negativ. Celălalt electrod este reprezentat de o placă metalică (introdusă bineînțeles, într-un înveliș cu suport textil sau sintetic și bine umezit) racordată la polul pozitiv al aparatului. Traductorului i se imprimă mișcări lente circulare sau longitudinale, cu presiune ușoară. S-a constatat că metodele de manevrare semimobilă și statică sunt greu tolerate de bolnav, producând modificări locale rapide, cu eritem, senzații de arsură dureroasă și necesitând reducerea intensității și a duratei aplicației. De asemenea, s-a constatat că cea mai tolerată și eficientă formă de aplicare a curentului diadinamic este PS precedată de DF. Intensitatea pentru curentul diadinamic va fi de 2–5 mA; pentru ultrasunet, intensitatea se stabilește în funcție de regimul utilizat, continuu sau cu impulsuri. Utilizarea regimului discontinuu impune o intensitate mai mică a curentului diadinamic și o durată mai scurtă a aplicării, deoarece concomitența îi scade toleranța. Trebuie să reținem că intensitățile utilizate vor fi mai reduse față de aplicarea separată a celor două forme terapeutice. Ultrasunetul va fi dozat în general la $0,3 \text{ w/cm}^2$ în stările acute și $0,5\text{--}0,6 \text{ w/cm}^2$ în stadiile cronice (la forma continuă).

Durata unei ședințe este de 6–8 minute (2–3 minute pentru DF și 5–6 minute pentru PS).

Tratamentul se va aplica zilnic sau la 2 zile, în serii de 6–10 ședințe în general (în funcție de cazul tratat). De regulă, când tratamentul este eficient, trebuie să se remarcă efecte locale sesizabile după primele 3–4 ședințe. În cazurile prezentând stări dureroase cronice locale, s-a dovedit utilă repetarea unei serii de ședințe după o pauză de 2–3 săptămâni.

Cele mai bune rezultate s-a constatat a fi obținute în sindromul dureros miofascial (cu patogenie reflexogenă), superioare celor obținute prin utilizarea separată a curenților diadinamici sau a ultrasunetelor.

VII.11. INDICAȚIILE TRATAMENTULUI CU ULTRASUNETE

Aria indicațiilor terapeutice ale undelor ultrasonore este destul de mare. Ea s-a largit în ultimii 15–20 de ani, în urma cunoașterii și stăpânirii mai temeinice a feluritelor căi de acțiune și modalități de aplicare ale ultrasunetelor (prezentate în prima parte a acestui capitol), precum și a rezultatelor obținute și comunicate de numeroasele cercetări și studii clinico-terapeutice efectuate.

Fără îndoială că (la fel cu alte forme ale electroterapiei) în unele domenii patologie se obțin rezultate terapeutice bune și foarte bune, a căror evidență este indubitabilă, ultrasunetele având o indicație selectivă și prioritară, în vreme ce în alte domenii, rezultatele ce se pot obține nu le recomandă ca pe un tratament bază, dar ele pot constitui proceduri adjuvante eficiente, ca și componente a complexului terapeutic aplicat. În afecțiunile pe care le considerăm mai cunoscute ca indicații ale ultraszonoterapiei, recomandăm să se țină seama de noțiunile expuse la capitolul metodologiei terapeutice; pentru alte situații patologice vom prezenta câteva detalii suplimentare.

Patologia aparatului locomotor de cauză reumatismală

– Reumatism degenerativ – artroze, spondiloze. Cu titlu de interes statistic prezentăm rezultatele obținute de două cercetări mai reprezentative. Mihailov comunică un procent de 95% ameliorări clinice pe un lot de 101 artrozici tratați cu ultrasunet continuu și cu impulsuri (cu sau fără sonoforeză). Winterfeld și Conrad comunică pe un lot de 102 gonartroze de stadiile I și II, ameliorări de 84% la aplicarea us cu impulsuri și de 78% la cel continuu.

– Reumatism inflamator cronic – artrite și spondilite – în acestea din urmă obținându-se rezultate favorabile de durată variabilă.

– Reumatism abarticular: mialgii, tendinită, tendinoze, PSH, epicondilite, sindrom miofascial dureros, periosteze, algodistrofia „esențială“, sindromul Sudeck, radiculopatii spondilogene cervico-dorsalo-lombare.

Patologia aparatului locomotor de natură traumatică și ortopedică

– Fracturile recente. Pe baza rezultatelor experimentale obținute pe animale s-au introdus în clinica umană tratamente cu ultrasunete pentru accelerarea consolidării fracturilor recente (s-a constatat că se poate scurta perioada de calusare cu 50%); scurtarea perioadei de vindecaare depinde de localizarea fracturii. La oasele superficiale, rezultatele sunt mai bune datorită procentului crescut de absorbție a energiei ultrasonore.

Mentionăm rezultatele obținute într-un studiu comparativ efectuat pe două loturi a către 100 de cazuri cu fracturi de radius, din care unul a constituit lotul martor și cel de-al doilea a fost tratat cu ultrasunete. La o săptămână de la imobilizare, printr-o fereastră practicată în gips s-au aplicat 4–6 sedințe de us și câte 2 minute cu $0,2 \text{ W/cm}^2$ la 2 zile. S-au obținut rezultate evidente în ceea ce privește durata medie de consolidare (41,6 zile față de 70,7 zile), durata medie a incapacității de muncă (37,6 zile față de 64,3 zile), aspectul foarte bun al structurii osoase (nu s-au semnalat demineralizări comparativ cu partea sănătoasă) și evoluția fără complicații.

În alt studiu efectuat pe fracturi ale scafoïdului carpien, Knoch, Dominak și Edel au aplicat la 3 săptămâni de la imobilizare, 6–8 sedințe de us; după 5 săptămâni fracturile erau consolidate și în a 6-a săptămână, funcția articulară era normalizată. Incapacitatea de muncă a fost de 16 săptămâni la lotul de control și de 8 săptămâni la cel tratat cu ultrasunete.

Urmărind durata de vindecare a fracturilor de la alte diferite niveluri, comparativ pe loturi martor și loturi tratate, autorii din R.D.G. comunică următoarele rezultate:

- fracturi de humerus: 12 față de 6 săptămâni;
- fracturi de olecran: 9 față de 5 săptămâni;
- fracturi ale oaselor gambei: 18 față de 11 săptămâni;
- fracturi ale gleznei: 10 față de 6 săptămâni.

Întârzierea formării calusului. În cadrul unor observații clinico-terapeutice, Hippe și Uhlmann au descoperit că peste 15 ani în urmă că fracturile cu întârziere a calusării își accelerează consolidarea prin tratamente cu ultrasunete (studiu efectuat pe 300 de cazuri cu fracturi având diferite localizări, toate ajungând la consolidare).

Indicația ultrasonoterapiei în calusarea întârziată este considerată ca valabilă și eficace când fractura se află în apropierea suprafeței corporale, când intervenția chirurgicală nu este recomandată din motive locale sau generale, când repausul îndelungat este dăunător stării generale.

Cuplajul capului traductorului se face cu ulei mineral, acestuia imprimându-i-se mișcări circulare. Se aplică ședințe de $0,1\text{--}0,4 \text{ W/cm}^2$ a câte 2 minute la 2 zile, în total 20 de ședințe. Primul control radiologic se face după primele 10 ședințe. În fracturile de scafoide și alte oase ale carpului se aplică 30 ședințe a $0,1\text{--}0,2 \text{ W/cm}^2$, timp de 5–6 săptămâni.

– Contuzii, entorse, luxații, hematoame, algodistrofii posttraumatice. Scopul aplicațiilor de ultrasunet este motivat de efectul analgetic și resorbțiv. În medicina sportivă, tratamentul se începe imediat; în fizioterapie se începe de obicei la sfârșitul stadiului acut. Dimensiunea capului traductorului se alege după mărimea regiunii tratate. Intensitatea aplicată: se începe cu $0,05\text{--}0,1 \text{ W/cm}^2$ și se poate crește la $0,2\text{--}0,5 \text{ W/cm}^2$; durata ședințelor va fi la început de 2 minute și poate fi crescută la 3–5 minute; ritmul ședințelor – zilnic sau la 2 zile; numărul ședințelor, 6–10.

– Posturi vicioase, scolioze, deformări ale piciorului. Ultrasunetele constituie un tratament adjuvant, în scopul relaxării spasticității grupelor musculare și acțiunii asupra miogelozelor existente.

Tratamentul poate fi aplicat în apă sau prin cuplaj cu ulei. După caz, se recomandă ultrasonorizarea locală cu ședințe de $0,2\text{--}0,5 \text{ W/cm}^2$ a câte 3–5 minute și aplicațiile segmentare indirekte paravertebral, $0,1\text{--}0,2 \text{ W/cm}^2$ a câte 3 minute, în serii de 8–15 ședințe.

Afecțiuni dermatologice

Cicatrice cheloide, plăgi atone, ulcere trofice ale membrelor. În cicatricele cheloide se recomandă utilizarea soluțiilor de fibrinolizină 50% înglobată în glicerină (Sieler). În ulcerul aton al gambei sunt indicate numai forme scleroase, caloase. Se recomandă inițial aplicațiile segmentare directe pe cale neurală cu intensitate până la $0,5 \text{ W/cm}^2$ și mai târziu, aplicațiile locale, cu $0,1 \text{ W/cm}^2$ (în apă sau prin substanțe de cuplaj).

Afectări locale sau generale ale țesutului collagen

În fibrozite, dermatomiozite, miozite, sclerodermia progresivă, se obțin rezultate inconstante.

În retracția aponevrosei palmare Dupuytren se aplică frecvent, cu rezultat satisfăcătoare. Se recomandă utilizarea unguentelor cu alfachimotripsină, hiasor aminozină, în ședințe de 0,3–0,5 W/cm², serii de 12–14 ședințe repetate la 3–4 luni.

Afectiuni neurologice

– Nevralgii și nevrite. Se recomandă aplicarea regimului cu impulsuri pentru potențarea efectului analgetic în dauna celui termic. Au acțiune simpaticolitică și trofică. Sunt contraindicate în stadiile acute, pareze, nevrite infecțioase și toxice și stări febrile. În nevralgiile vertebrogene (spondilogene) se preferă aplicațiile segmentare paravertebrale în ședințe de 0,05–0,3 W/cm² a câte 3–5 minute. În partea a doua a seriei de ședințe se poate trata local cu regim continuu sau cu impulsuri cu ședințe de 0,05–0,1 W/cm² la 2 zile, serii de 8–10 ședințe; se vor căuta poziții de relaxare maximă a musculaturii regiunii afectate.

– Sechele nevralgice după Herpes Zoster Armin, Rulfss, Walther și alții au recomandă acest tratament în cazurile de sechele recente și rebele la tratamentele clasice. Se pot aborda următoarele căi de aplicare: segmentar direct pe cale neurală și segmentar indirect paravertebral la nivelul rădăcinilor și combinat paravertebral și segment și dermatom, precum și pe zonele dureroase. Se preferă ultrasunetele cu impulsuri; ca substanță de cuplaj se recomandă cele cu bor în zonele cutanate dureroase și cele cu ulei în zonele paravertebrale. Intensitatea utilizată va fi de 0,05–0,1 W/cm² în zonele hiperalgice și de 0,2–0,3 W/cm² în zonele reflexogene. Durata ședințelor de 5 minute, ritmul – la 2 zile, în serii de 6–12 ședințe.

– Nevroamele amputațiilor. Se recomandă aplicații segmentare paravertebrale la nivelul rădăcinilor nervoase, cu 0,1–0,2 W/cm² a câte 3–5–8 minute și locale cu 0,05 W/cm², a câte 1–3 minute, în serii de 12 ședințe; primele 6 ședințe pot fi aplicate zilnic și următoarele, la 2 zile.

– Distrofia musculară progresivă (Erb). Justificarea aplicațiilor de ultrasunete în această suferință este susținută de următoarele efecte: ameliorarea circulației locale și a metabolismului, acțiunea asupra SNV și profilaxia contracturilor grupelor musculare antagonice contracturate. Se preferă regimul de us cu impulsuri. Se poate aplica segmentar pe cale neurală cu 0,1–0,2 W/cm² (3–5 minute) și în ședințe de 0,1 W/cm² (1–2 minute) pe musculatura contractată și pe grupele musculare atrofiate în care sunt intercalate fascicule musculare contracturate; o serie va cuprinde 12–15 ședințe. Ca substanță de contact este recomandat uleiul de germei de grâu, ritmul ședințelor 3–5 pe săptămână.

– Sindroame spastice și hipertone de cauză piramidală și extrapiramidală (după Kihn, Denhoff și Robinault). Scopurile aplicațiilor de us în aceste afecțiuni sunt scăderea tonusului musculaturii spastice, îmbunătățirea metabolismului local și influențarea proceselor de depolarizare la nivelul membranei celulare. Se tratează grupele musculare spastice și hipertone din pareze centrale, scleroza multiplă, hemiplegii spastice, sindrom Parkinson.

Contraindicații: stadiile inflamatorii, recidivele active, stările febile, TBC, neoplaziile, starea generală alterată. Tratamentul trebuie aplicat în poziții optime de relaxare și întindere. Se tratează în primul rând (de preferință) musculatura proximală. În prealabil se aplică proceduri umede calde. Se utilizează doze mici de $0,05 \text{ W/cm}^2$, cu manevrări de-a lungul grupei musculare spastice. În caz de răspuns favorabil, se continuă cu această intensitate; în caz de răspuns nefavorabil, aplicațiile se întrerup. Dacă răspunsul terapeutic permite, intensitatea poate fi crescută până la maximum $0,2 \text{ W/cm}^2$. Durata ședinței 2–5 minute; ritmul – 3 pe săptămână; numărul ședințelor pe serie 12. Ca substanță de cuplaj se recomandă uleiul de germenii de porumb. În zilele fără aplicații de ultrasunete se recomandă efectuarea unor programe de kinetoterapie analitică.

Afecțiuni circulatorii

– Arteriopatiile obliterante și angioneuropatiile de stadiile I și II constituie o indicație după Fontaine, care susține că ultrasonoterapia urmărește reducerea sau întreruperea hipertoniei simpatice. După același autor, contraindicațiile sunt reprezentate de stadiile III și IV, manifestările acute, atheroscleroza avansată, coronaropatiile. Se utilizează aplicațiile reflexe paravertebrale și neurale. Pentru membrele superioare pe dermatomioamele C_3-T_5 (paravertebral), pe marginea mușchiului marele dorsal și periaxilar. Pentru membrele inferioare pe dermatomioamele T_6-S_5 (paravertebral) pe marginea inferioară a sacrului, marele trohanter, traseul iliobial, creasta iliacă, triunghiul Scarpa. Se aplică $0,2-0,3-0,5 \text{ W/cm}^2$ timp de 5–8 minute, la 2 zile, în total 12–15 ședințe pe serie. În orice caz, trebuie să apreciem metoda ca un tratament complementar și cu rezultate mai mult sau mai puțin evidente.

– Boala Raynaud. Se recomandă iradierea ganglionului stelat în regiunea laterocervicală inferioară, imediat supraclavicular, în dreptul vertebrelor C_7-T_1 , cu doze de $0,03-0,02 \text{ W/cm}^2$, timp de 1–3 minute și paravertebral dorsal pe direcția lanțului ganglionar simpatic, cu doze de $0,4-0,6 \text{ W/cm}^2$, timp de 4–6 minute. Acesta este un tratament adjuvant valoros.

Afecțiuni din cadrul medicinii interne

În literatura medicală de specialitate se relatează mai mult despre tratamentul cu ultrasunet al unor suferințe respiratorii și digestive cronice.

În bronhopatiile cronice și astmul bronșic se aplică ultrasonoterapia cu rezultate inconstante. În gastrite, ulcer gastroduodenal, constipație cronică, diskiniezii biliare, rezultatele diferă în funcție de cazurile tratate și autor.

Andreeva comunică ameliorări clinice la bolnavii de ulcer care au fost tratați cu ultrasunete (în complexul terapeutic dietă, gimnastică medicală, duș circular și us) în aplicații pe peretele abdominal anterior (arii de 200 cm^2) și pe două câmpuri paravertebrale dorsale în zona T_7-T_{12} , cu serii de 10–12 ședințe a 6–10 min.

În orice situație de abordare cu unor afectări ale organelor interne, autori germani arată că va trebui precizat foarte corect diagnosticul bolii, stadiul afecțiunii și se vor evita stadiile de manifestare acută. Se vor utiliza aplicațiile reflexogene directe, indirecte și pe zonele ganglionilor vegetativi; ei aplică doze de $0,05-0,3 \text{ W/cm}^2$, cu durate de 2–3 minute pe o zonă.

Ginecopatii

Aniškova (U.R.S.S.) a comunicat rezultatele obținute în urma tratamentului cu ultrasunete a 336 femei cu suferințe inflamatorii cronice uterine (aplicații abdominale și paravertebrale lombar cu doze de $0,4\text{--}1 \text{ W/cm}^2$). Au fost obținute 86% vindecări și 10% ameliorări; la 88 bolnave s-a realizat dezobstruarea trompelor, iar 58 au rămas gravide. Mecanismul principal de acțiune în aceste cazuri este pus pe seama acțiunii decongestive realizate de eliberarea masivă de histamină din mastocite, produsă de ultrasunete.

VII.12. CONTRAINDICAȚIILE ULTRASONOTERAPIEI

Contraindicații generale

- Modificări tegumentare, afecțiuni cutanate diverse (infecțioase, inflamatorii, nervi etc.) tulburări de sensibilitate cutanată.
- Tulburări de coagulare sanguină, fragilitate capilară de orice natură.
- Stări generale alterate, cașexii.
- Tumori în toate stadiile evolutive, atât pre- cât și postoperator.
- Tuberculoza activă, indiferent de stadiu și localizare.
- Stări febrile de cauze cunoscute sau necunoscute.
- Fenomene inflamatorii acute de orice natură.
- Reumatismul articular acut.
- Insuficiența cardio-circulatorie, insuficiența coronariană, tulburările de ritm cardiac.
- Suferințele venoase ale membelor – tromboflebite, tromboze, varice.
- Calcificarea progresivă a pereților arteriali.

Contraindicații speciale

Este contraindicată aplicarea ultrasunetelor pe zonele corespunzătoare unor organe și țesuturi, precum creierul, măduva spinării, ficatul, splina, uterul gravid, glandele sexuale, plămânilii, cordul și marile vase; de asemenea, nu se vor face aplicații pe zonele de creștere ale oaselor la copii și adolescenți.