

Dispozitive medicale pentru diagnostic și terapie II

Electrochirurgia
Electrocoagularea

Iavorschi Anatolie

Conținutul prezentării

- Definirea Electrocauterizării.
- Semnalele utilizate la Electrocauterizare.
- Fenomenele fizice în Electrocauterizare.
- Complicații în Electrocauterizare.

Electrochirurgia

- Se bazează pe distrugerea țesutului în urma unei încălziri puternice dar limitate a acestuia.
- Se utilizează efectele termice ale curenților electrici de înaltă frecvență pentru coagulare, cauterizare și tăiere.
- Se utilizează frecvența înaltă pentru a nu produce stimularea nervoasă sau musculară.
- Generatorul trebuie să aibă la ieșire un filtru pentru tăierea componentelor de joasă frecvență.

Electrocauterizarea

- Generator de radiofrecvență:
 - Generează curenți de frecvență înaltă (100 KHz – 4 MHz) care induc vibrații ionice;
 - Vibrațiile ionice induc încălzirea intracelulară, dar nu produc depolarizarea celulelor musculare sau nervoase;
 - Puterea este setată în Watti (W, Amperi x Volți).
- Încălzirea intracelulară poate produce:
 - Fierbere + microexplozii (**TĂIEREA**), și/sau
 - Dehidratarea țesuturilor, și/sau
 - Arderea (arcuri electrice).

} **COAGULAREA**

Electrocauterizarea

- **PARTEA ALBASTRĂ**
- **COAGULAREA (COAG)**
- Activarea Pedala Albastră
- Setările: doar partea albastră
- Modurile de funcționare:
 - Monopolar
 - APC
 - Bipolar
- Electrozii – separați pentru modul unipolar și bipolar
- **PARTEA GALBENĂ**
- **TĂIERE (CUT)**
- Activare: Pedala Galbenă
- Setările: doar partea galbenă
- Modurile de funcționare:
 - Doar tăiere (**Pure-CUT**)
 - Mixt, cu câteva regimuri cu rata de coagulare/tăiere diferită (**Blend-CUT**)
- Electrozii – de obicei doar un singur electrod.

Terminologia Fizică de Bază

- **Tensiunea** (Volți): forța care determină curgerea curentului.
 - Forța mai mare = mai mari sunt și destrugerile
- **Rezistența** (Ohmi, Ω): proprietatea țesuturilor de a împiedica curgerea curentului.
 - Rezistență mai mare = mai mic este și curentul.
 - Rezistența pielii > oasele > grăsimile > mușchii > intestinele > sângele.
- **Densitatea curentului** (A/cm^2): cantitatea curentului care curge printr-o secțiune transversală = intensitatea curentului (amperi)/suprafață (cm^2).

Notă:

- Cantitatea de energie, livrată de generator către electrodul **activ** (bisturiu, pensetă, ș.a.), este egală cu cantitatea de energie care ajunge către electrodul **neutru**, însă **densitatea curentului** prin țesut, în apropierea electrodului activ, este mai mare, din cauza suprafeței mici de contact cu electrodul **activ** față de suprafața mare a electrodului **neutru**.

Terminologia Fizică de Bază

- **Căldura generată**: este proporțională cu pătratul densității curentului (Intensitatea/secțiunea)²
 - Micșorarea secțiunii duce la majorarea căldurii generate.
- **Puterea de ieșire**: se reprezintă în Watt = Amperi x Volți.
 - Tensiunea se menține constantă, prin urmare mărirea puterii de ieșire va cauza și creșterea intensității curentului.
 - Putere mai mare de ieșire = densitate de curent mai mare = căldură generată mai mare.
- **Energia livrată**: se măsoară în Jouli.
Energia (Watt) x timp (secunde).

Tipurile de electrocauterizare

- Monopolară

- Coagularea (COAG)

- Cu Plasmă de Argon (fără contact) APC

- Cu contact

- Tăierea (CUT)

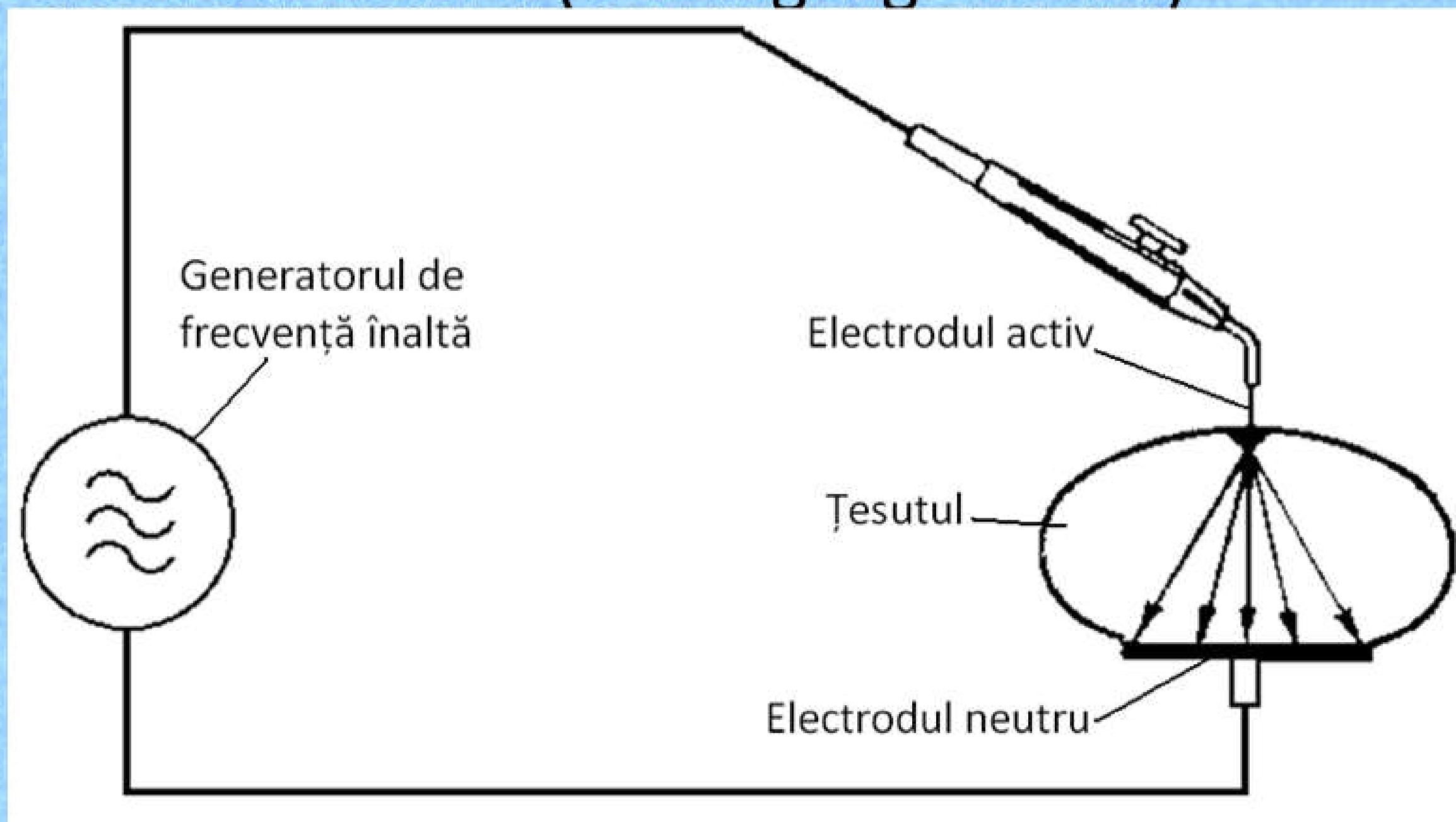
- Tăierea fără coagulare

- Tăiere mixtă

- Bipolară

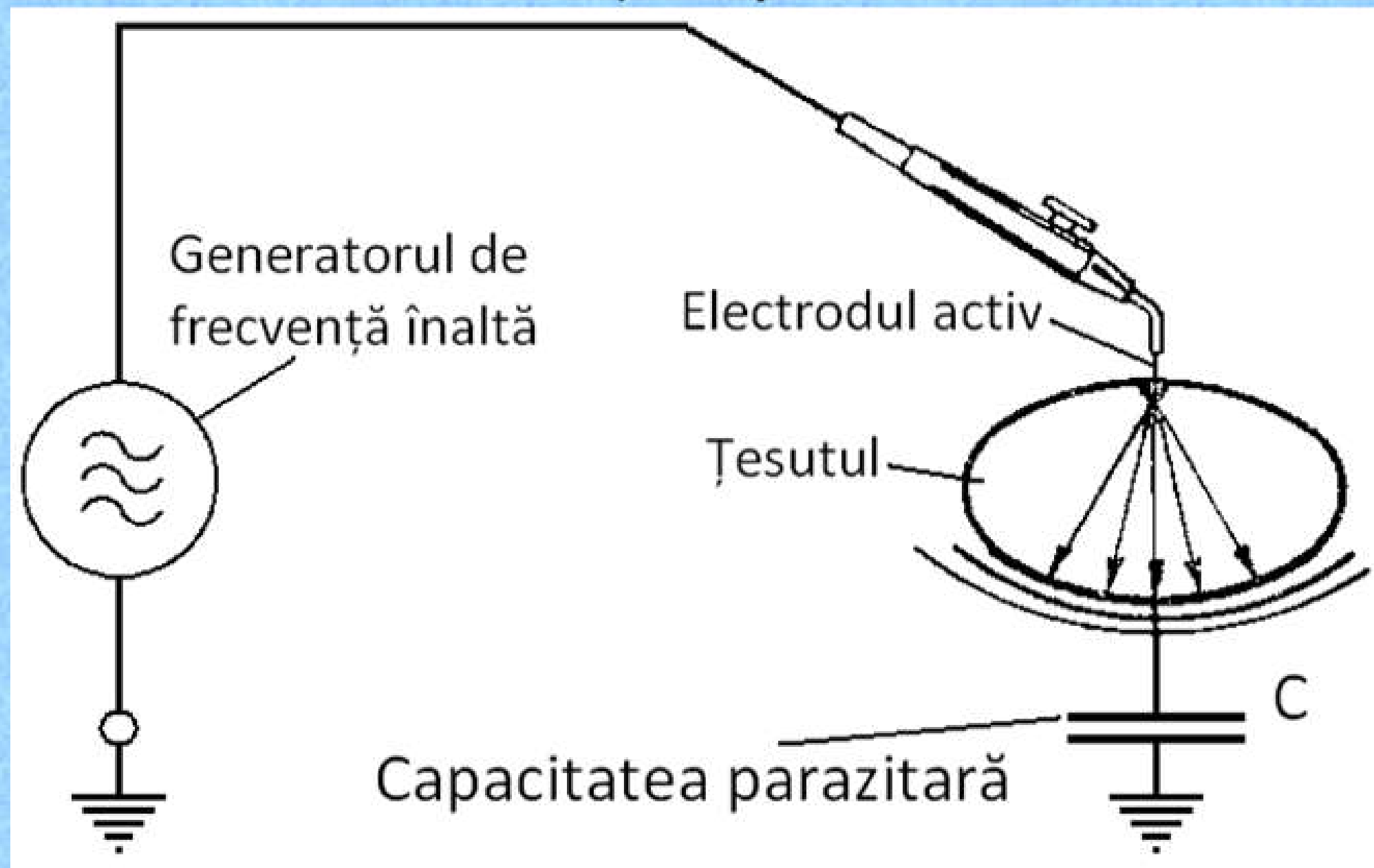
Sistem monopolar de electrocauterizare

- Cu electrod neutru (chirurgia generală)



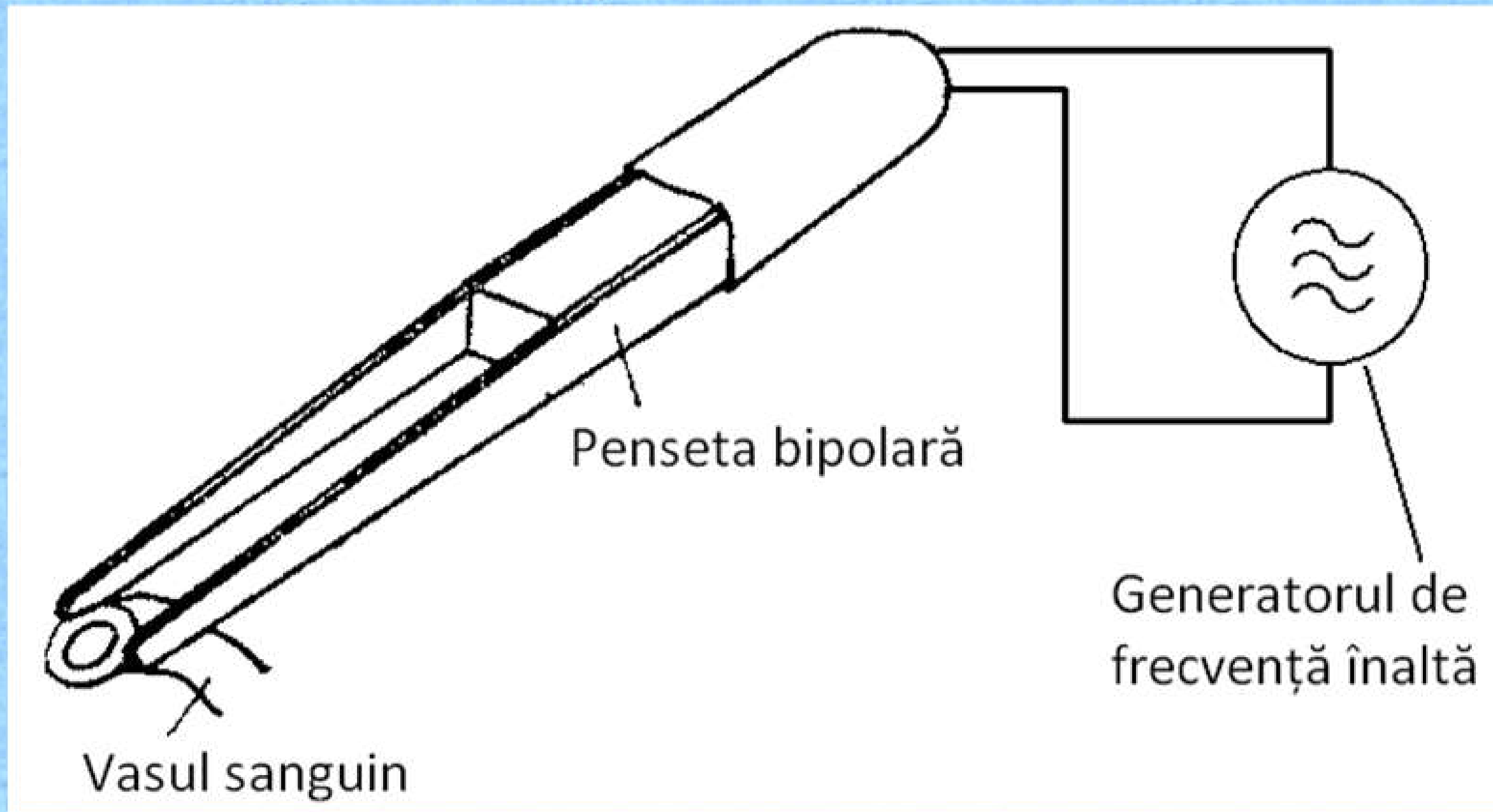
Sistem monopolar de electrocauterizare

- Fără electrod neutru (în special cauterizarea)



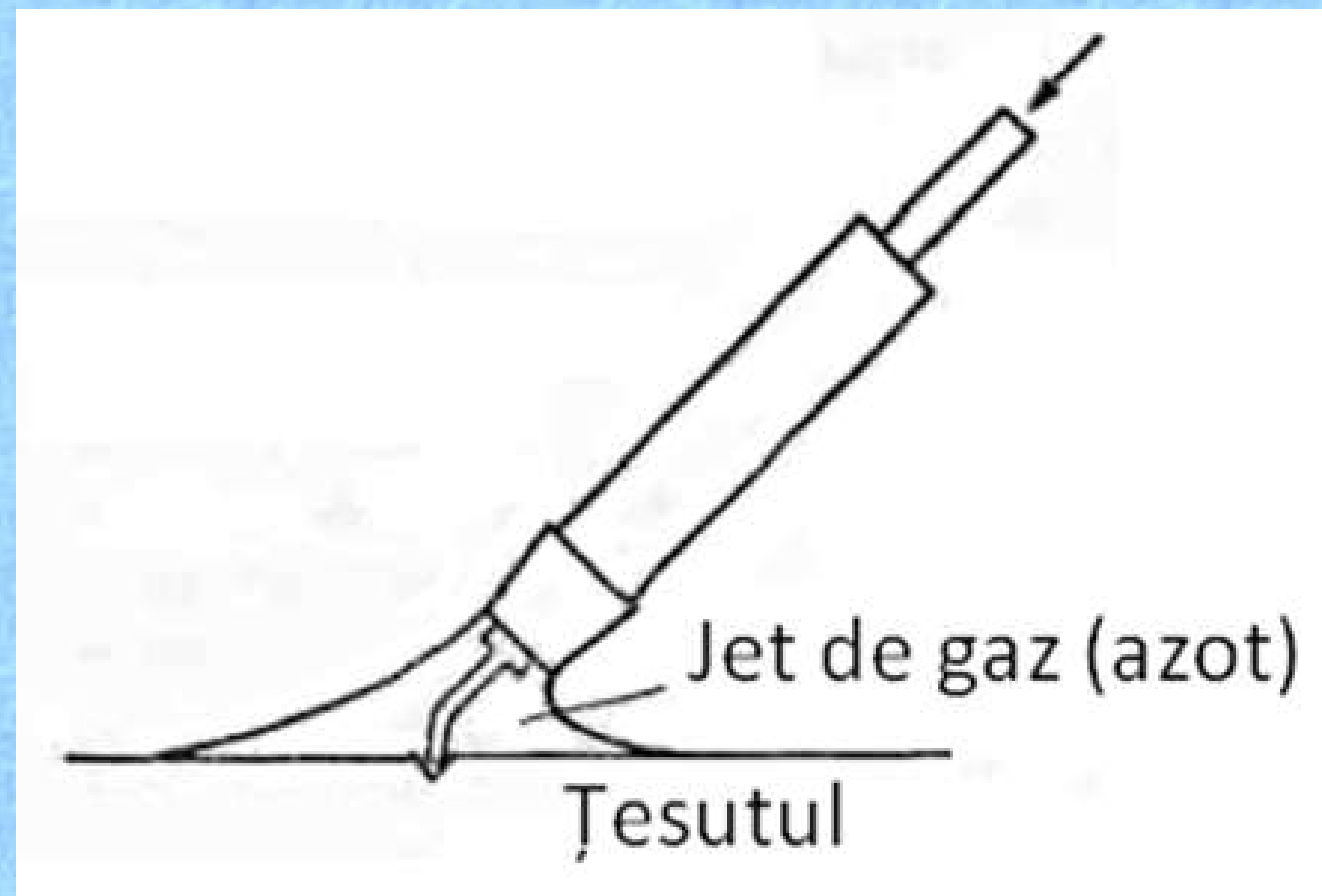
Sistem bipolar de electrocauterizare

- Microcoagularea bipolară



Electrocoagularea în curent de gaz

- În prezența gazelor anestezice sau endogene, apare pericol de explozie din cauza producerii scânteierii (fulgurarea).
- Pentru a preveni aceste cazuri, electrodul activ este uneori protejat printr-un curent de gaz inert, de obicei se utilizează Azotul, comandat automat înainte de aplicarea tensiunii de înaltă frecvență pe electrozi.



Exemplu de Electrocauter



Exemplu de Electrocauter



Exemplu de Electrocauter



Forme de undă în Electrocauterizare

COAGULARE

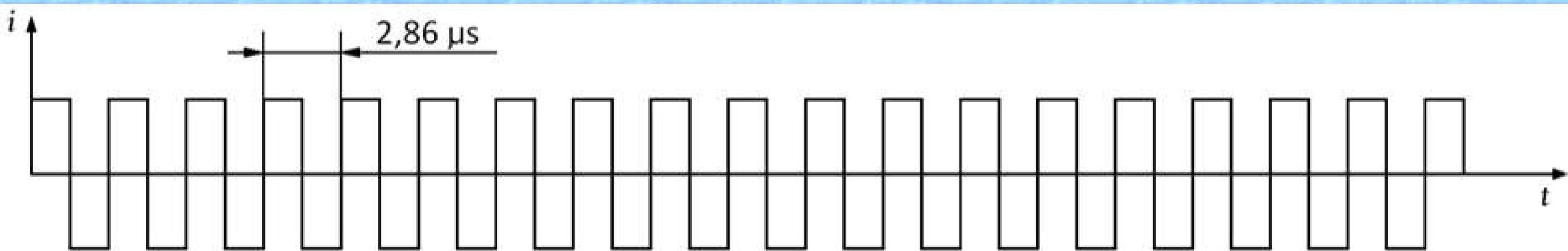
TĂIERE

Forme de undă în Electrocauterizare

- Adâncimea și durata tăierii depind de puterea semnalului, iar gradul de coagulare depinde de puterea și gradul de modulație a semnalului.
- Formele de undă ale curenților aplicați în electrochirurgie pot fi **sinusoidale** și **dreptunghiulare**.
- Semnalele pot fi aplicate:
 - **Continuu** (pentru tăiere netedă);
 - **Impulsuri cu factor de umplere mare** (tăiere prin fulgurit);
 - **Impulsuri cu factor de umplere mic** (coagulare superficială sau rezecție sub apă);

Forme de undă în Electrocauterizare

- Impulsuri dreptunghiulare pentru tăiere fără coagulare
- Frecvența = 350 kHz



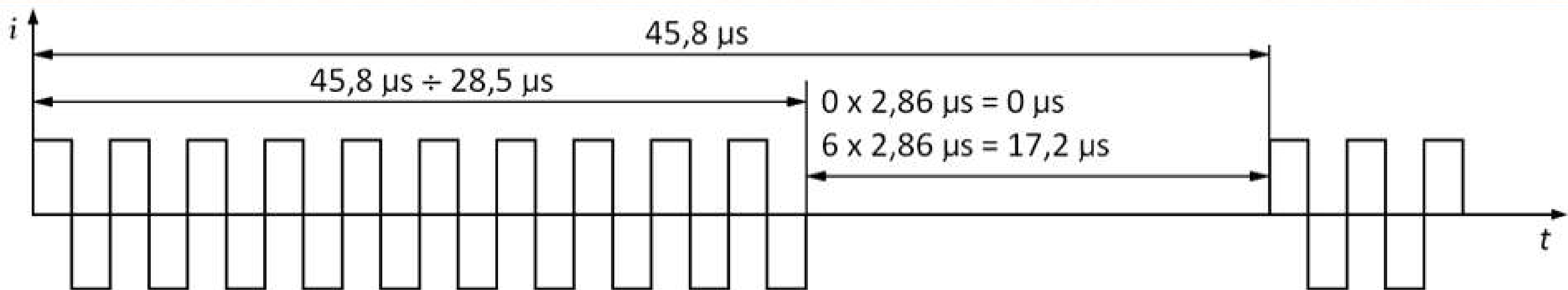
Forme de undă în Electrocauterizare

- Tăiere cu grad variabil de coagulare

Frecvența = 350 kHz

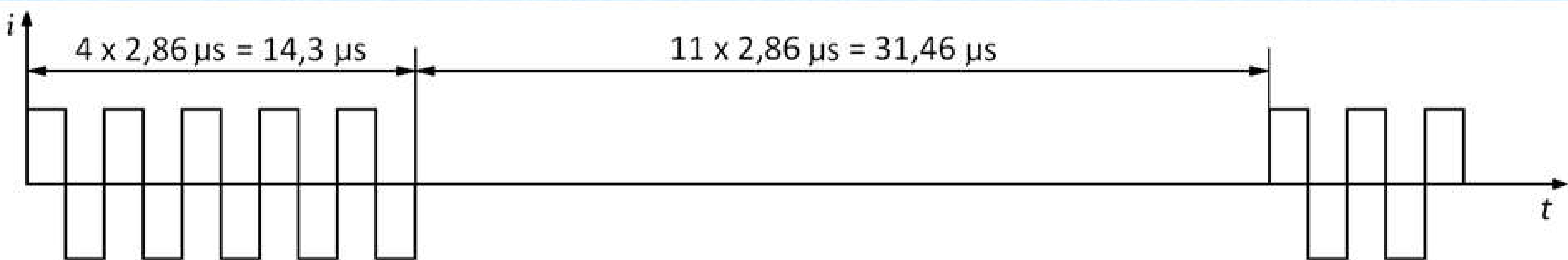
– 0 μs – grad zero de coagulare

– 17,2 μs – grad maxim de coagulare



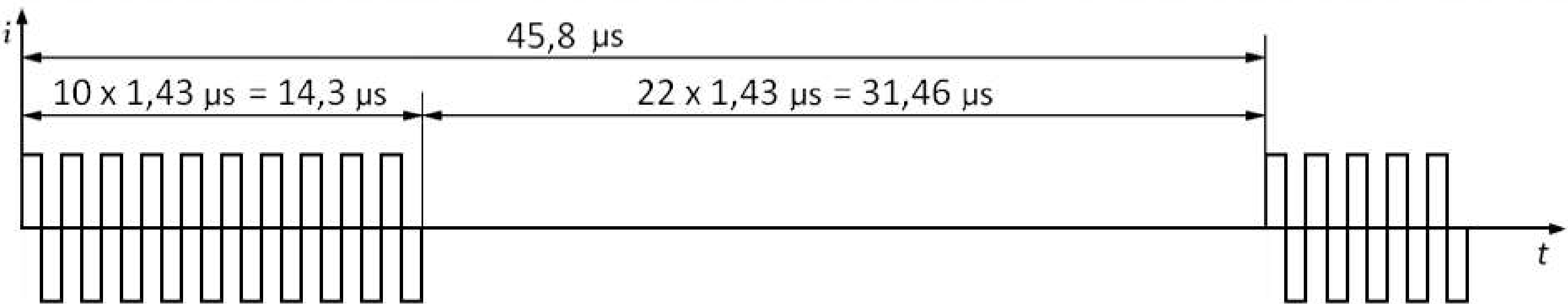
Forme de undă în Electrocauterizare

- Coagulare monopolară
Frecvența = 350 kHz

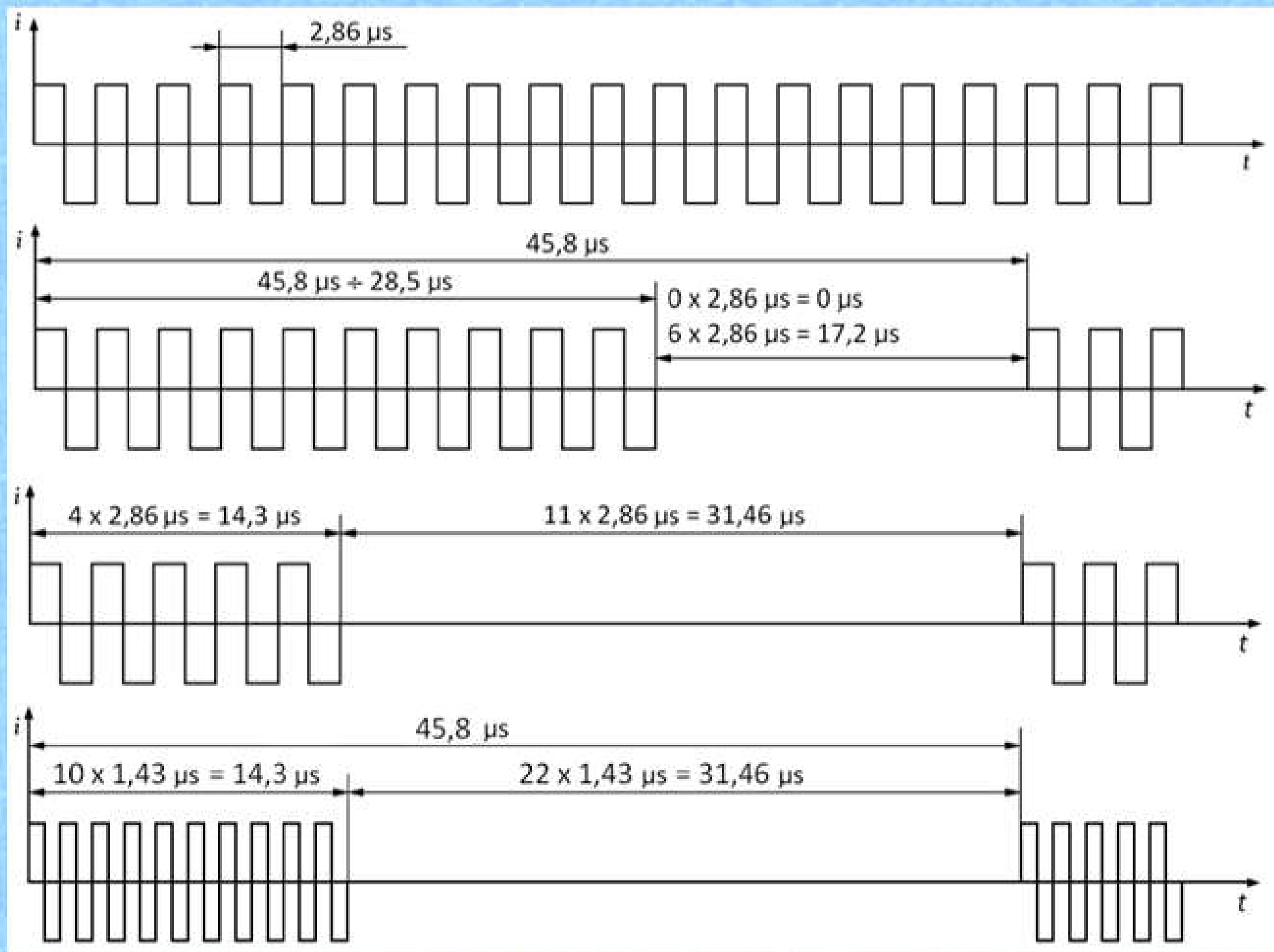


Forme de undă în Electrocauterizare

- Coagulare bipolară
Frecvența = 700 kHz

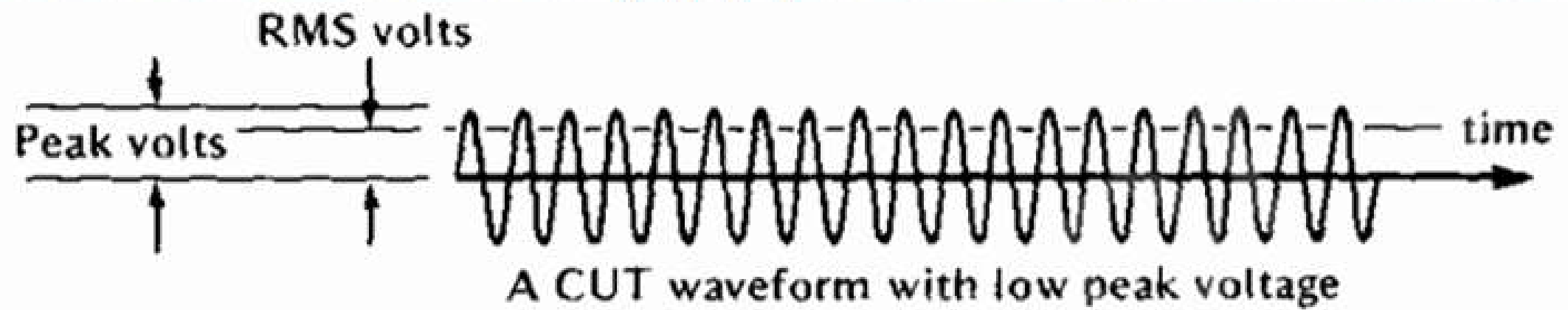


Forme de undă în Electrocauterizare

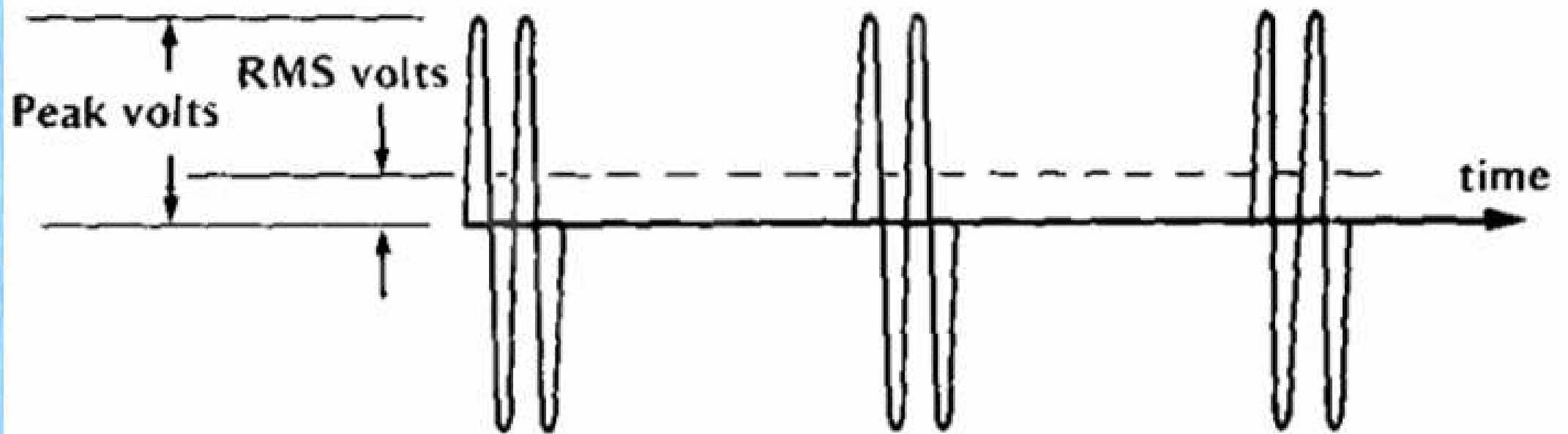


Pentru aceeași putere de ieșire (W)

CUT

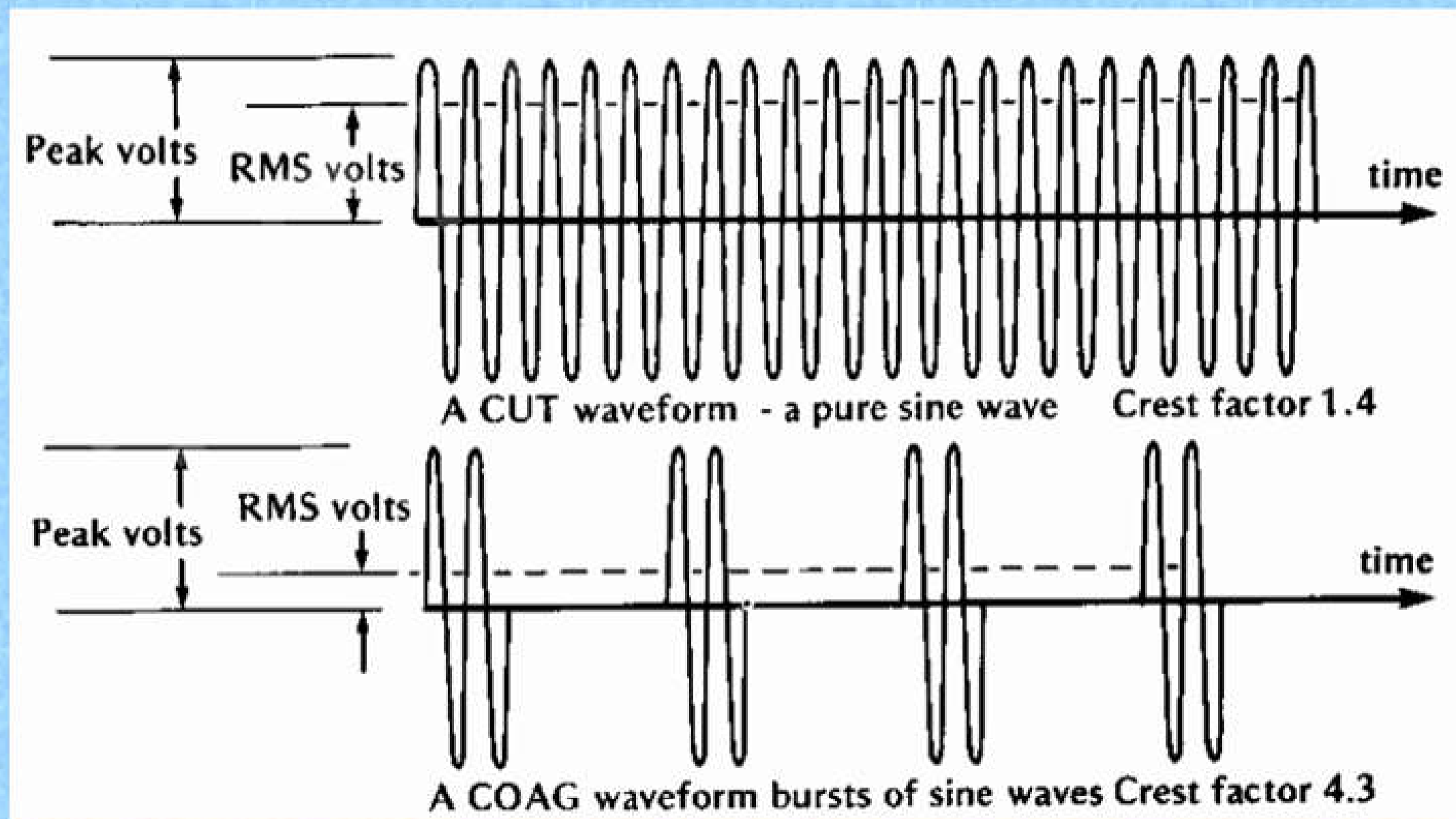


COAG



- Forma semnalelor pentru tăiere și pentru coagulare, pentru aceeași putere setată. Valoarea efectivă a tensiunii este aceeași, însă amplitudinea maximă a semnalului pentru tăiere este de aproximativ trei ori mai mic decât pentru coagulare.

Pentru aceeași amplitudine maximă

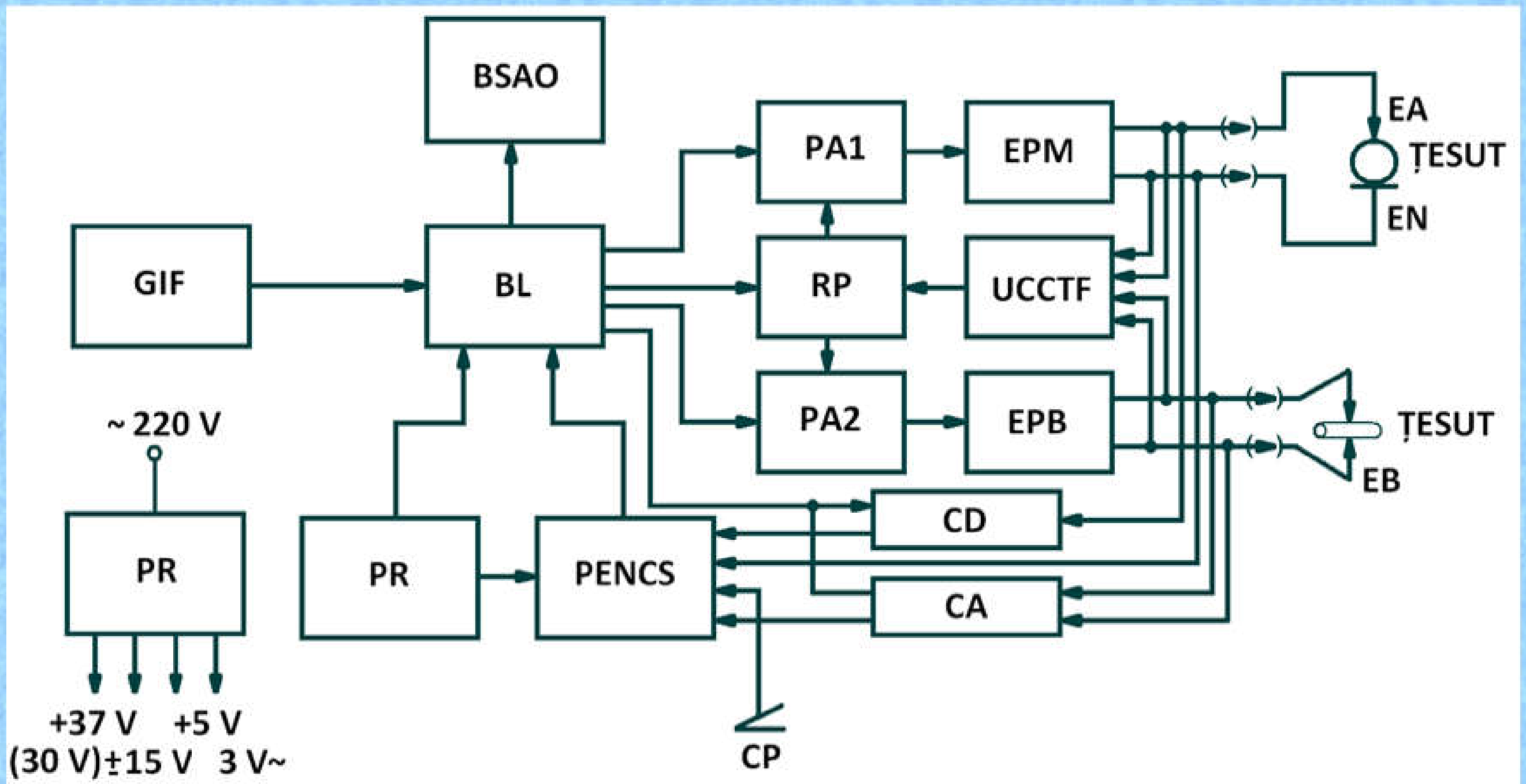


- Forma semnalelor pentru tăiere și pentru coagulare, pentru aceeași amplitudine maximă a semnalului. Puterea semnalului pentru coagulare este de aproximativ trei ori mai mic.

Factorul de creastă

- Este raportul dintre amplitudinea maximă (Peak Volts) și valoarea efectivă a semnalului (RMS).
- $CREST = Peak / \text{Root Mean Square}$
- Coagulare: 7 – 8;
- Tăiere: <2;
- Tăiere mixtă: 2.2 – 5.
- Factor de creastă mai mare = timp de răcire mai mare / valori de vârf mai mari = uscarea mai puternică / fulgurații și tăiere mai lentă.

Schema bloc a unui dispozitiv de Electrochirurgie



Schema bloc a unui dispozitiv de Electrochirurgie

- **UNDE:**
 - **GIF** – Generatorul de înaltă frecvență;
 - **BL** – Blocul logic;
 - **BSAO** – Blocul de semnalizare acustică și optică;
 - **PA1, PA2** – Preamplificatoare;
 - **EPM** – Etaj de putere monopolar;
 - **EPB** – Etaj de putere bipolar;
 - **EA** – Electrocul activ;
 - **EN** – Electrocul neutru;
 - **EB** – Electrocul bipolar;
 - **RP** – Reglaj de putere;
 - **UCCTF** – Unitatea de control a curentului, tensiunii de ieșire și a temperaturii etajului final;
 - **PR** – Unitatea de preselecție și reglare;
 - **PENCS** – Protecție electrod neutru și comandă de start;
 - **CD** – Circuitul de comandă de la deget;
 - **CA** – Circuitul de comandă automat;
 - **SA** – Sursa de alimentare.

Procese fizice în Electrochirurgie

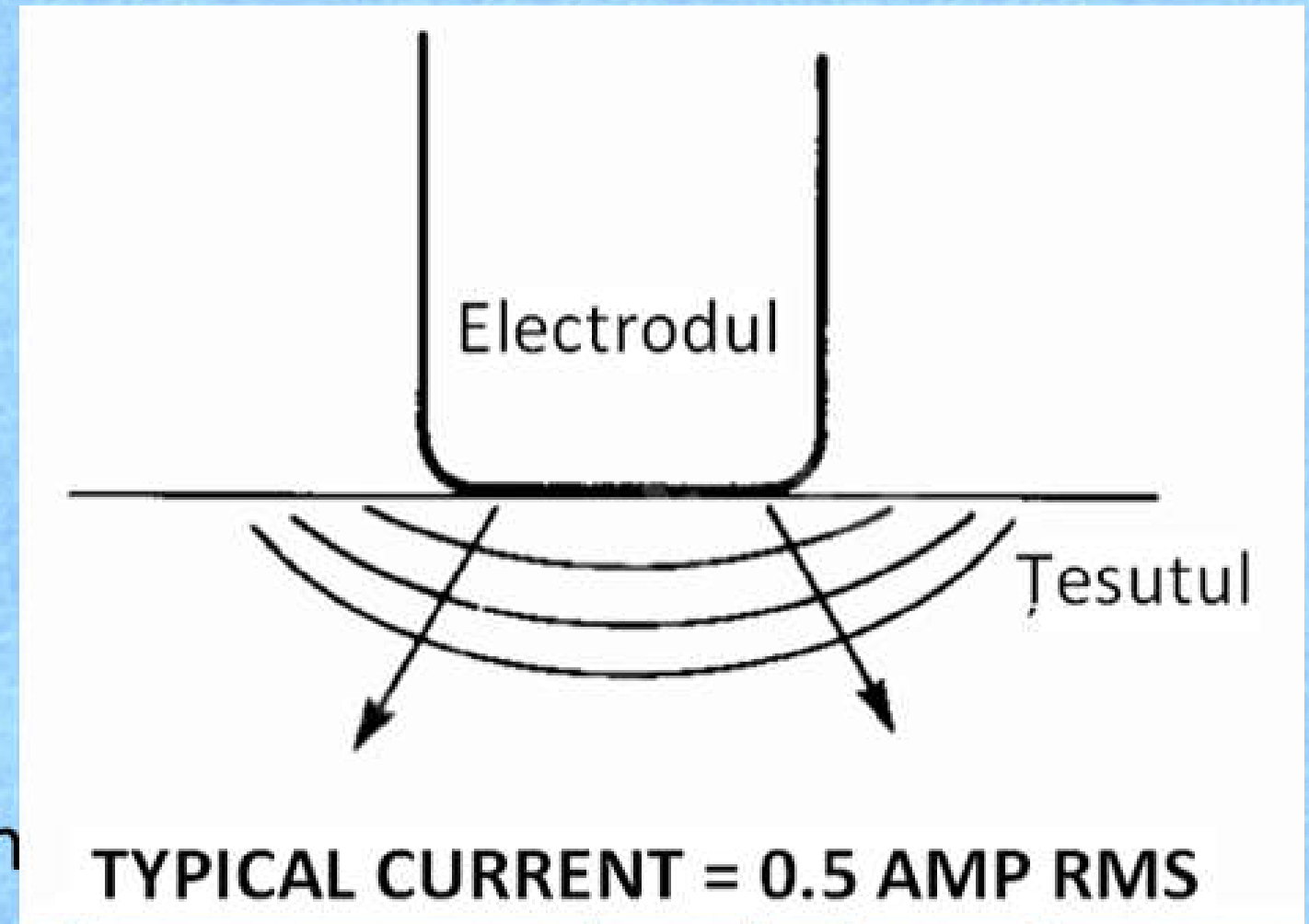
Pocesul fizic

Deshidratarea (Coagularea)

- Încălzirea lentă a țesuturilor duce la fierberea lichidului din el și la transformarea acestuia în vapori de aburi și, respectiv la uscarea țesutului.
- Efectul Deshidratării/Coagulării este HEMOSTAZA (oprirea unei hemoragii).
- Instrumentul cel mai potrivit este cel Microbipolar (în formă de pensetă).
- Modul de lucru: Coagulare Monopolară (20 – 30 W), sau Tăiere mixtă cu factorul de creastă mare (3 sau mai mare) (20 – 40 W).
- Puterea setată prea mică poate duce la deshidratarea prea adâncă.
- Puterea setată prea mare poate duce la apariția fulgurațiilor adânci.
- Apăsarea pe pereții organelor poate duce la arsuri în adâncime.

Deshidratarea (Coagularea)

- Reprezentarea deshidratării electrochirurgicale.
- Electrocul trebuie să fie într-un contact bun cu țesutul.
- Curenul în țesut se răspândește radial.
- În rezultat se obține o crustă moale de o culoare maro deschisă.
- Deshidratarea necesită timp mare de răcire, factor de creastă mare și contact cu țesutul.



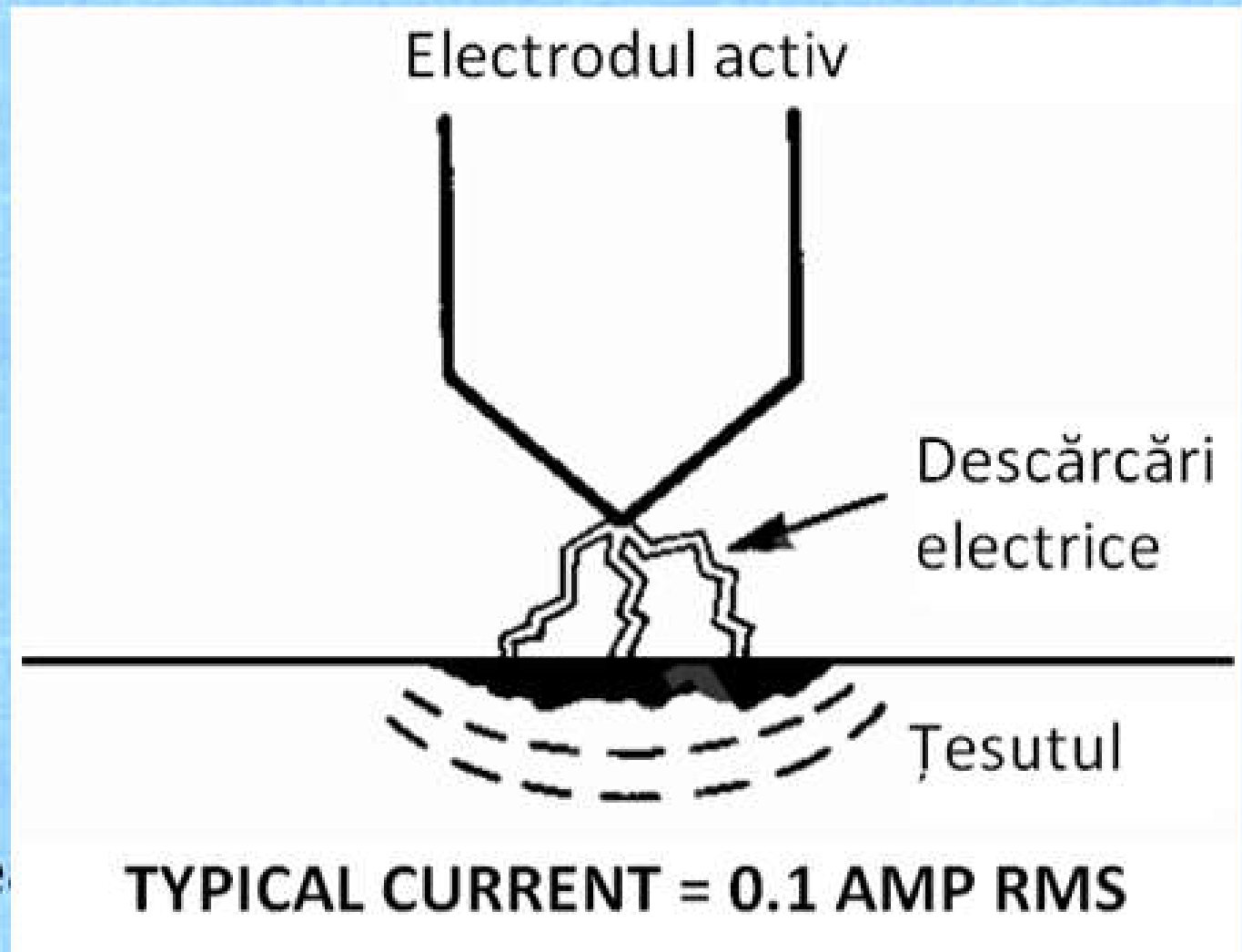
Pocesul fizic

Fulgurația

- Electrocul activ nu trebuie să se afle în contact cu țesutul (sau să existe o rezistență datorată țesuturilor deshidratate).
- Are loc ionizarea aerului dintre electrocul activ și țesutul, ceea ce duce la apariția unei descărcări electrice cu densitate de curent mare și la o coagulare a țesutului la suprafață, apoi (dacă se continuă) apare o necroză adâncă acoperită cu o crustă de culoare neagră.
- Instrumentul cel mai potrivit este Coagulatorul cu Plasmă de Argon (APC) (40 – 60 W).
- Modul de lucru: Coagulare monopolară, sau tăiere mixtă cu factorul de creastă mare.
- Risc înalt de distrugere a țesuturilor în adâncime.
- Se utilizează uneori la crearea tatuajelor (“painting” in APC).

Fulgurația

- Reprezentarea fulgurației electrochirurgicale.
- Electrocul nu se află în contact cu țesutul.
- Descărcările electrice produc mai întâi coagularea țesutului la suprafață, apoi necroze adânci, dacă fulgurația continuă.
- Crusta este tare și de o culoare neagră.
- Fulgurația necesită tensiune maximă înaintea semnării și pierderea contactului cu țesutul.



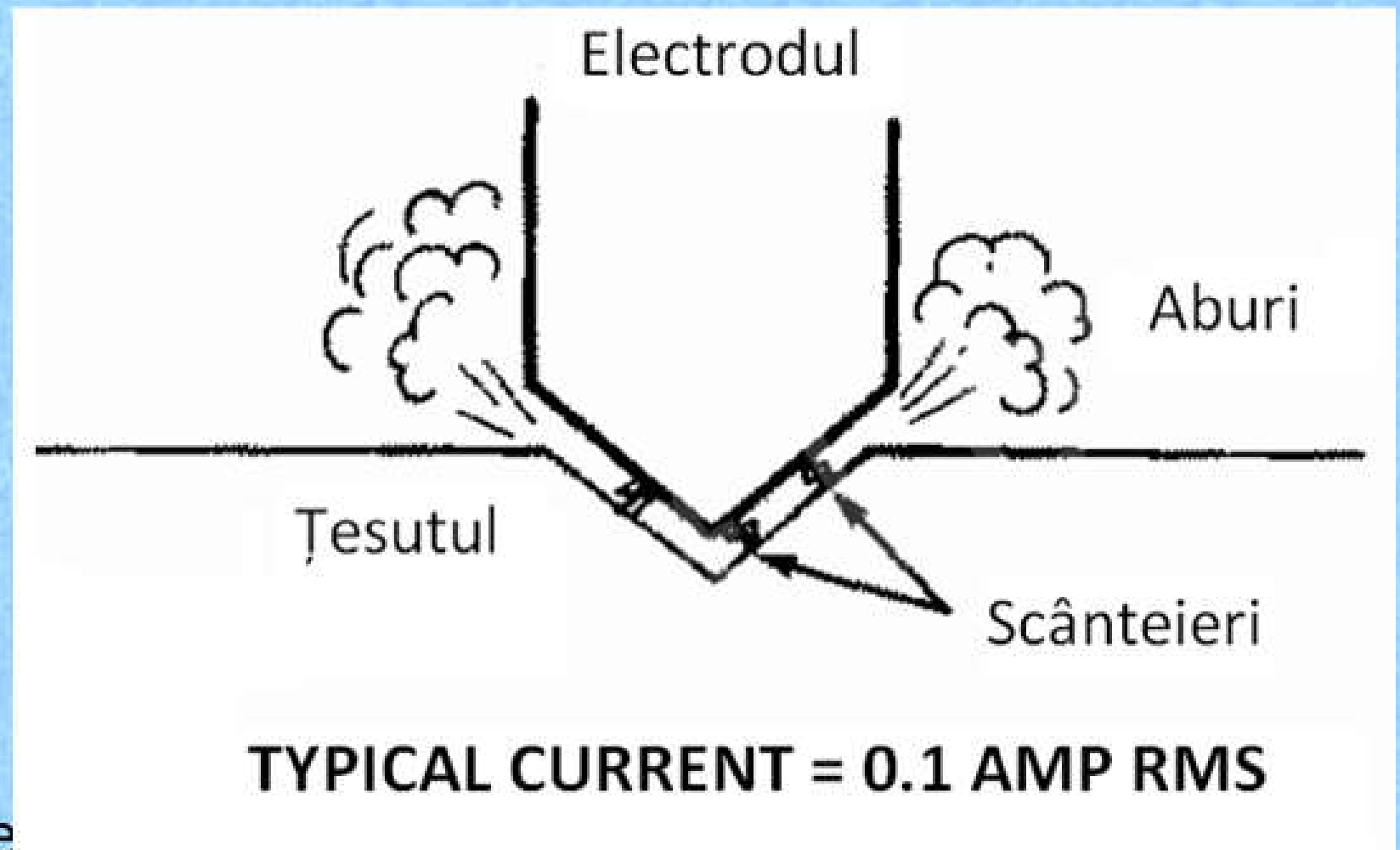
Pocetul fizic

Tăierea

- Necesită rezistență mică a țesutului.
- Inițial are loc deshidratarea țesutului, apoi crește rezistența țesutului, apoi au loc mici descărcări electrice, apoi are loc încălzirea rapidă a țesutului, fierbere intracelulară, explozia celulelor, eliberarea aburilor, deshidratarea, creșterea rezistenței, ...
- Țesuturile nu trebuie să fie deshidratate.
- Funcționează mai bine la un semnal continuu și la o putere mai mare (60 – 100 W).

Tăierea

- Reprezentarea tăierii electrochirurgicale.
- Electrocul este despărțit de țesut de către un strat subțire de aburi.
- În aburi au loc scânteieri mici și intense.
- Hemostazele sunt minime
- Tăierea necesită timp mic de răcire, factor de creastă mic și pierderea contactului.



Electrocoagularea Monopolară

Electrocoagularea Monopolară

- Folosește un electrod neutru masiv, spre care va curge curentul electric prin țesut, și un electrod activ mic, ceea ce provoacă o densitate de curent mare și o încălzire foarte mare a țesutului în apropierea electrodului activ.
- Provoacă leziuni grave asupra țesutului.
- În apropiere nu trebuie să fie gaze inflamabile pentru a nu cauza explozii.

Electrocoagularea Monopolară

- Electrocul neutru trebuie:
 - A) să fie plasat în apropiere de zona de acțiune a electrodului activ, pentru a scădea influența rezistenței altor țesuturi sau organe;
 - B) să aibă gel conductiv de contact pentru a scădea rezistența contactului cu pielea;
 - C) să rămână într-un bun contact cu pacientul tot timpul pentru a maximiza energia în electrodul activ.
- Exemple: laț fierbinte, biopsie fierbinte, coagulare în Plasmă, bisturiu, ac.

Coagularea cu contact

- Regimul monopolar.
- Perioada activă a semnalului foarte scurtă (6 – 12 % din ciclu) cu timp mare de răcire (88 – 94 % din ciclu).
- Timpul mare de răcire favorizează deshidratarea, tensiunea de vârf mare facilitează fulgurațiile.
- Factor de creastă mare (CREST), de obicei 7 – 8.
- Cauzează încălzire lentă a țesutului urmată de fulgurații (scânteiere) după ce acesta s-a deshidratat complet.
- Coagularea = deshidratarea + fulgurații la suprafață.
- Contactul cu țesutul duce la o mai bună deshidratare, dar pierderea contactului sau deshidratarea completă a țesuturilor din apropiere duce la fulgurații mai mari și la necroze.
- Păstrați un contact bun între electrod și țesut.

Coagularea cu Plasmă de Argon

- Argon Plasma Coagulation (APC) sau Electrocoagularea fără contact.
- Gazul de Argon curge în interiorul unui cateter tubular și este ionizat de către un curent monopolar care curge printr-un fir în interiorul cateterului.
- Este nevoie de electrod neutru și se efectuează în absența gazelor inflamabile.
- Provoacă coagularea punctului cel mai apropiat de țesut conductiv (care nu este deshidratat).
- Leziunea provocată poate fi adâncă, sau continuă (crearea tatuajelor).

Coagularea cu Plasmă de Argon

- Adâncimea leziunilor poate fi micșorată de sărurile din organism.
- Nu este atât de eficient în oprirea unei hemoragii la sângerare abundentă (disiparea).
- Precauții:
 - Evitați contactul cu țesutul (poate duce la o injecție de gaz sau arderea țesuturilor);
 - Evitați acumulările de lichid din organism (disiparea energiei);
 - Extrageți gazul între tratamente pentru a evita întinderea sau umflarea excesivă a unor organe.

Coagularea cu Plasmă de Argon

- Exemple de probe pentru Electrocoagularea cu Plasmă de Argon.



Electrocaterizarea Bipolară

Electrocauterizarea Bipolară

- De obicei utilizează niveluri mici de energie și se mai numește electrocauterizare “micro-bipolară”.
- Utilizează doi sau mai mulți electrozi mici foarte apropiați unul de altul (electrozi activi și neutri).
- Nu este nevoie de electrod neutru de suprafață mare.
- Există risc de explozii în apropierea gazelor inflamabile.
- Are o adâncime de acțiune mai mică. Sărurile pot reduce și mai mult adâncimea de acțiune.
- Provoacă o deshidratare și coagulare foarte bună la energie mică. Excelent pentru oprirea hemoragiilor.
- Exemple de electrozi: BICAP, Gold-Probe.

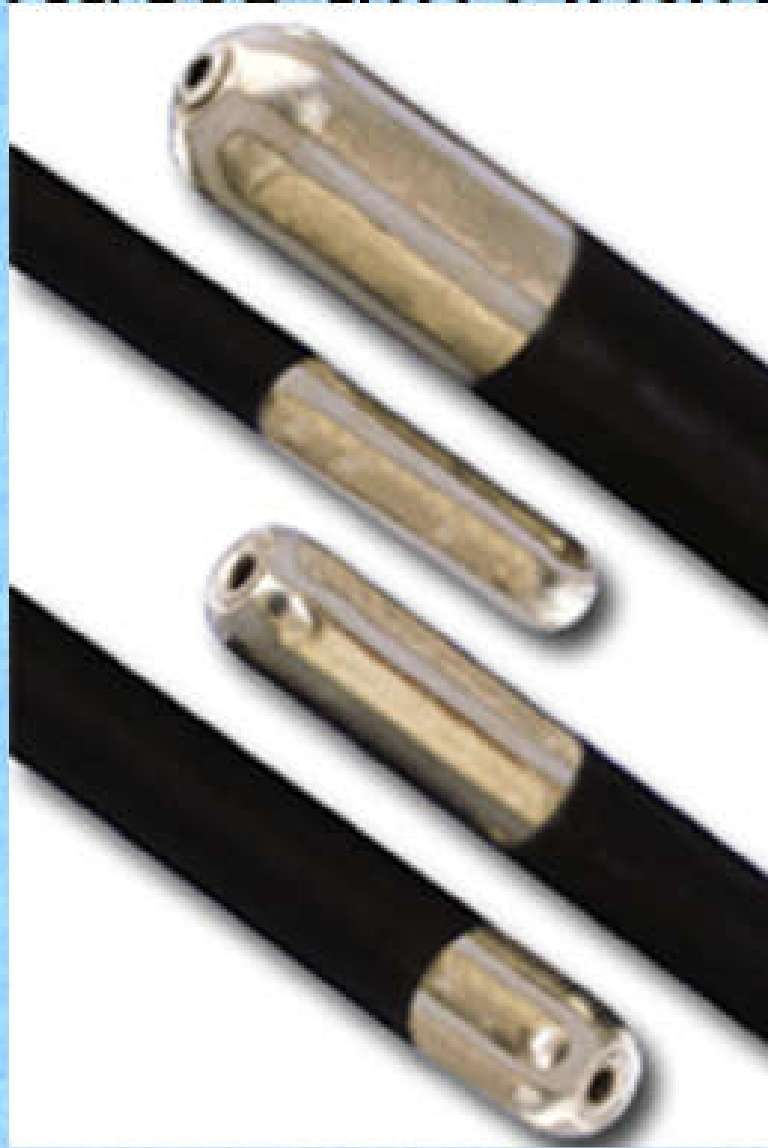
Exemple de electrozi bipolari

- Electrozi **Gold Probe** cu contacte din Aur și canal de irigare.



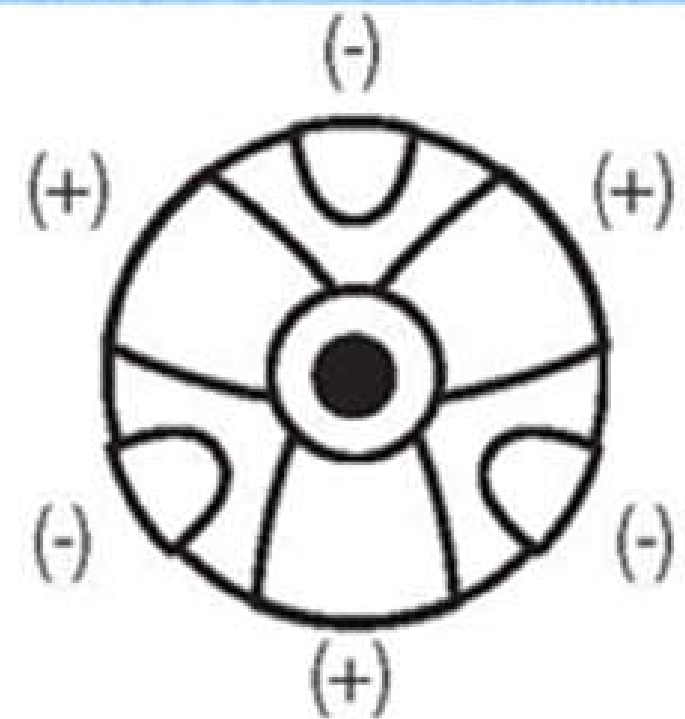
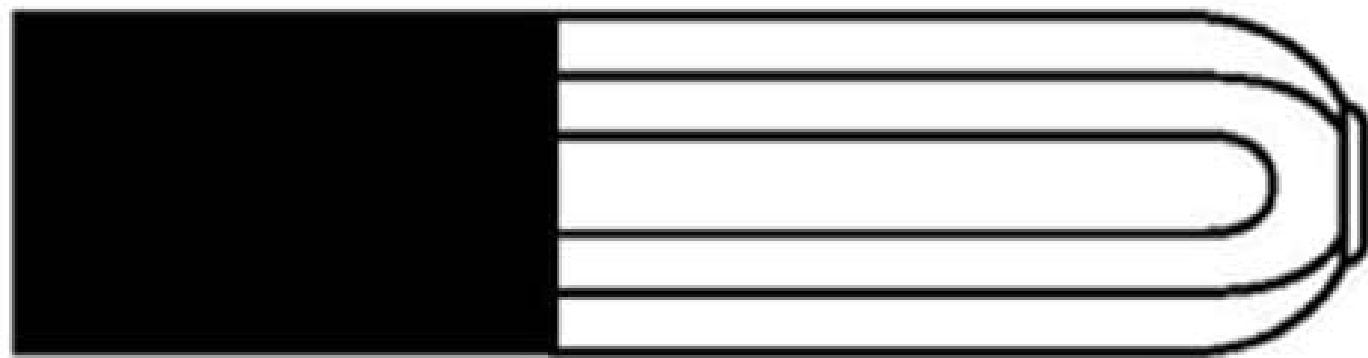
Exemple de electrozi bipolari

- Electrozi **BICAP Superconductor (ConMED)** cu contacte din Argint și canal de irigare.



Exemple de electrozi bipolari

- **BICAP Superconductor (ConMED)**
- Conductivitatea termică a Argintului este cu 35 % mai bună ca a Aurului.
- Rezistivitatea electrică a Argintului este cu 28 % mai



Complicații în Electrocauterizare

- **Arsuri** cauzate de contact rău la electrodul neutru sau utilizarea concomitentă cu electrozi ECG.
- **Arsuri** cauzate de descărcarea electrică prin cuplajul capacitiv.
- Poate produce stimularea fătului.
- La pacienții care utilizează stimulator cardiac pot apărea interferențe, arsuri sau chiar deteriorarea stimulatorului.
- Gazele endogene pot provoca Explozii ale intestinelor.

Complicații în Electrocauterizare

- Dacă electrodul indiferent (Indifferent Plate sau Return Electrode) are un contact de o suprafață insuficientă, densitatea de curent prin piele, în apropierea acestuia, crește semnificativ și poate produce arsuri.
- În timpul investigațiilor ECG: dacă dispare contactul electrodului neutru, electrozii ECG pot activa ca electrod neutru pentru sistema de electrocauterizare. Electrozii ECG trebuie să aibă o suprafață mai mare de 0.3 cm^2 fiecare.
- În cazul femeilor însărcinate plasarea electrodului neutru trebuie făcut astfel ca uterul să nu se afle între electrodul activ și cel neutru.

Complicații în Electrocauterizare

- Electrocauterizarea generează un câmp electromagnetic în corpul uman mai mare de 60 V/m.
- Stimuloarele de ritm cardiac sunt inhibate la un câmp electromagnetic mai mare de 0.1 V/m.
- Dacă curentul electrochirurgical curge în apropiere de stimulatorul cardiac acesta poate defecta circuitul său de protecție sau poate necesita reprogramare;
- La electrocauterizare cu un electrod neutru conectat nesatisfăcător, stimulatorul de ritm cardiac poate funcționa ca electrod neutru ceea ce poate cauza arsuri miocardice sau aritmii.

Mentenananta Electrocauterelor

- Instructiune privind verificarea periodica a aparatelor de electrochirurgie:

1. Verificarea tipului si a gradului de protectie electrica

Document de referinta: SR EN 60601-2-2/SR EN 60601-1 pct. 5.1 si 5.2

2. Verificarea identificarii si a marcarilor exterioare

Echipamentul trebuie sa fie identificat cel putin prin:

- model sau tip;
- firma producatoare;
- seria de fabricatie;
- valoarea tensiunii electrice de alimentare.

Mentenananta Electrocauterelor

3. Verificarea legarii la pamant de protectie (daca este cazul)

Valorile masurate trebuie sa se incadreze in limitele specificate de SR EN 60601-2-2/SR EN 60601-1 pct. 18, conform incadrarii specifice.

4. Verificarea curentilor de scurgere stationari de joasa frecventa

Valorile masurate trebuie sa se incadreze in limitele specificate de SR EN 60601-2-2/SR EN 60601-1 pct. 19.3 tabel IV, conform incadrarii specifice.

5. Verificarea curentilor de scurgere stationari de inalta frecventa

Valorile masurate trebuie sa se incadreze in limitele specificate de SR EN 60601-2-2 pct. 19.3.101, conform incadrarii specifice.

6. Verificarea rezistentei de izolatie

Valorile masurate intre partea legata la retea si oricare dintre partile aplicate trebuie sa fie de cel putin $10\text{ M}\Omega$, la o tensiune de incercare de 500 Vcc.

Mentenananta Electrocauterelor

7. Verificarea componenței/accesoriilor

Fiecare electrod din dotarea echipamentului trebuie să nu prezinte întreruperi ale conductoarelor sau izolații necorespunzătoare.

8. Verificarea puterii de ieșire

- valorile măsurate trebuie să se încadreze în limitele date de producător în specificația tehnică, iar în absența acestora nu trebuie să depășească cu mai mult de $\pm 25\%$ valoarea prescrisă;
- puterea maximă de ieșire nu trebuie să depășească valoarea de 400 W;
- elementul de reglare a puterii de ieșire trebuie să fie funcțional și să permită reducerea acesteia la valorile specificate în SR EN 60601-2-2 pct. 50.1 b);
- la conectarea/deconectarea alimentării echipamentului, sau la restabilirea rețelei de alimentare, nu trebuie să se modifice regimul de funcționare, iar puterea de ieșire selectată nu trebuie să crească cu mai mult de 20%.

Mentenanata Electrocauterelor

9. Verificarea monitorizarii electroduului neutru.

10. Verificarea sistemelor de alarmare/interblocare (daca este cazul)

Se simuleaza conditiile specifice pentru declansarea alarmei sau actionarea interblocarii.

NOTA:

Rezultatele verificarilor se consemneaza intr-un raport de incercari.

Vă mulțumim pentru atenție!!!