

# Dispozitive medicale pentru diagnostic și terapie II

Defibrilatoarele

Iavorschi Anatolie

# Conținutul prezentării

- Principii

# Defibrilarea

- Defibrilarea este un tratament pentru disritmiile cardiace care pun în pericol viața, în special ***fibrilația ventriculară (VF)*** și ***tahicardia ventriculară neperfuzantă (VT)***.
- În cazul unui atac cardiac, mușchiul inimii intră într-o stare de tremur convulsiv cunoscut sub termenul de ***fibrilație (depolarizări haotice ale fibrelor musculare miocardice)***.
- Aceasta se întâmplă când mușchiul cardiac este lipsit de sânge prin restricție arterială determinând ca multe zone ale inimii să inițieze contracția.
- Situația dată este întâlnită în anestezie, în anumite forme de asfixie, în timpul oxigenării și frecvent în accidente de electrocutare.

# Defibrilarea

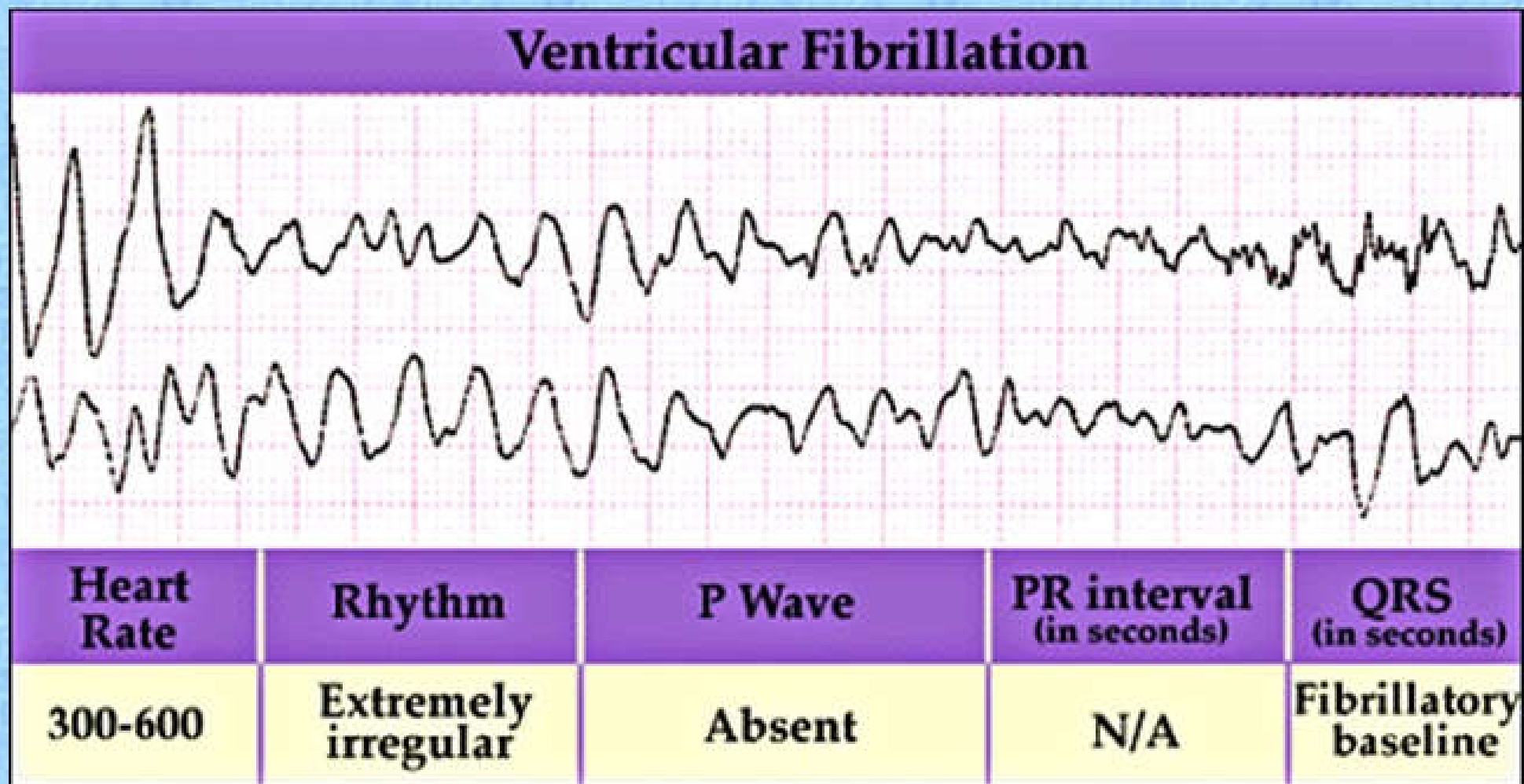
- Acest proces afectează activitatea de pompare a sângelui de către inimă.
- Deoarece în această situație după 3 minute se produc distrugeri ireparabile ale creierului asociate cu moartea, este obligatorie intervenția de urgență în vederea restabilirii funcției cardiace.
- Restabilirea cardiacă înseamnă suprimarea fibrilației și reintrarea inimii în situația de a stimula electric propria sa pompă, și aceasta în condiții cât mai rapide și optime.

# Defibrilarea

- Posibilitățile de restabilire sunt de următoarele tipuri:
  1. **Stimularea chimică** este eficace după oprirea fibrilației, după ce activitatea cardiacă este reluată, pentru menținerea acestuia;
  2. **Stimularea mecanică** constă în compresarea inimii prin masaj puternic și poate duce la restabilirea numai la aproximativ 20% din debitul sanguin normal;
  3. **Stimularea electrică** este atunci, când activitatea bioelectrică haotică a mușchiului cardiac poate fi oprită dacă este trecut un curent electric prin aplicarea unui impuls de înaltă tensiune în sensul vectorului cardiac normal, care în acest caz lipsește și trebuie creat. Impulsul de tensiune are rolul depolarizării forțate a celulelor musculare miocardice, care după starea de repolarizare ar permite inimii să fie capabile să răspundă stimulilor provenite de la nodul sinoatrial.

# Defibrilarea

- Fibrilatia ventriculara este cea mai frecventa forma de stop cardiorespirator caracterizata pe ECG printr-o succesiune de unde neregulate, grosolane cu amplitudini si frecvente neregulate



# Defibrilarea

- Tratamentul acestei afecțiuni se face prin depolarizarea în totalitate și sincron a mușchiului cardiac.
- În urma depolarizării, nodurile Sino-Atrial și Atrio-Ventricular trebuie să își reia funcția de pacemaker și să restabilească ritmul normal al inimii.
- Metoda cea mai sigură și mai eficace de a opri fibrilația ventriculară constă în a trece un puls de curent de scurtă durată prin ventricule. Acest lucru poate fi realizat fie prin aplicarea electrozilor direct pe inimă, fie cel mai adesea prin plasarea electrozilor pe pieptul pacientului .

# Defibrilarea

- *Defibrilarea* se definește ca fiind procesul electric de transmitere a unui curent prin electrozi spre muschiul cardiac al pacientului în scopul restabilirii ritmului cardiac.
- Acest curent se poate aplica:
  - direct pe muschiul cardiac – curenți de valoare mică, metode chirurgicale invazive;
  - Transtoracic – metode neinvazive care necesită în schimb curenți relativ mari.



# Defibrilatoare

- Defibrilatoarele pot fi de următoarele tipuri:
  - Extern
  - Transvențional
  - Implantat (defibrilator - cardioverter implantabil)
- După regimul de lucru defibrilatoarele pot fi :
  - Manuale
  - Semiautomate
  - Complet automate (AED)

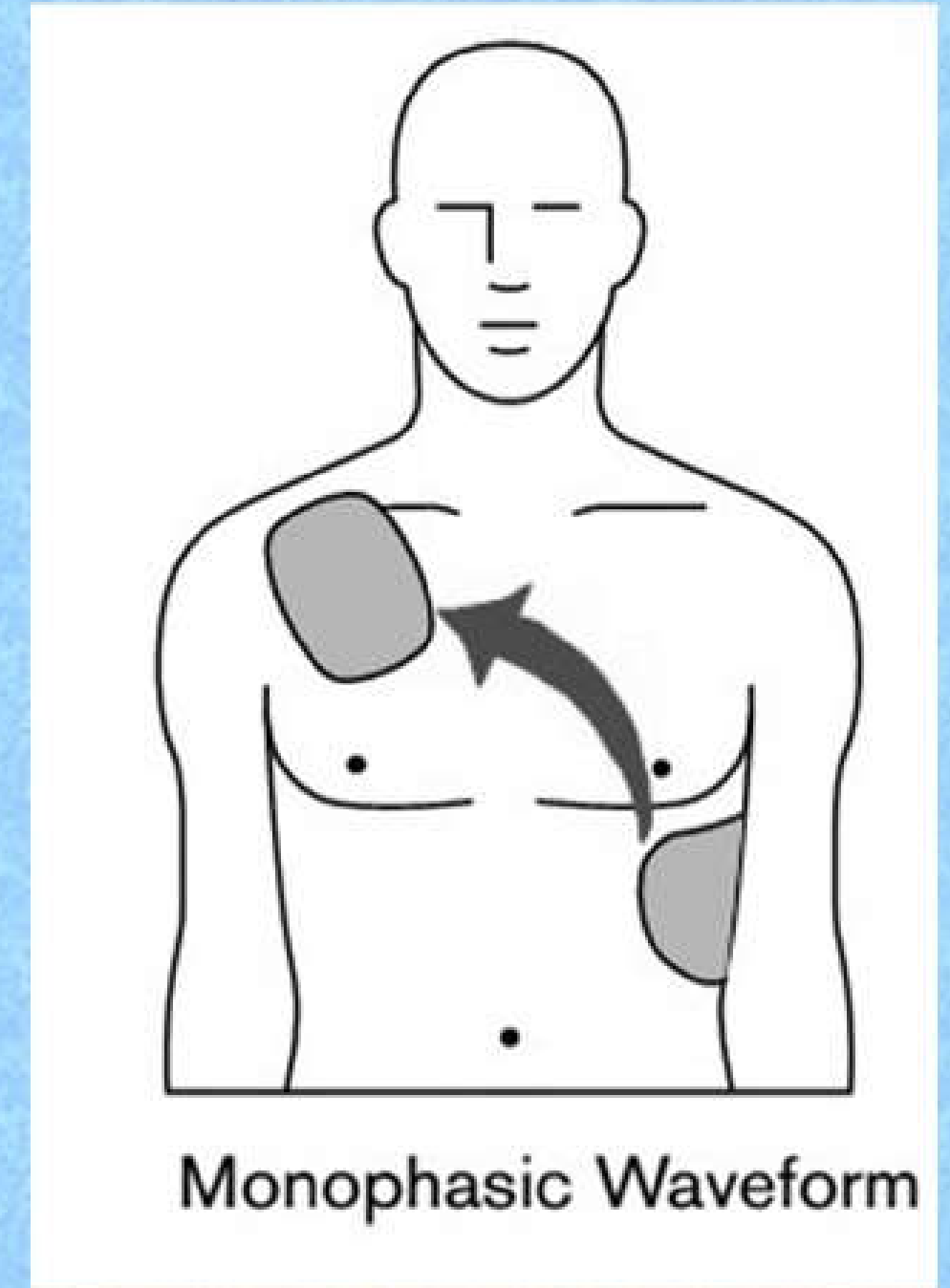
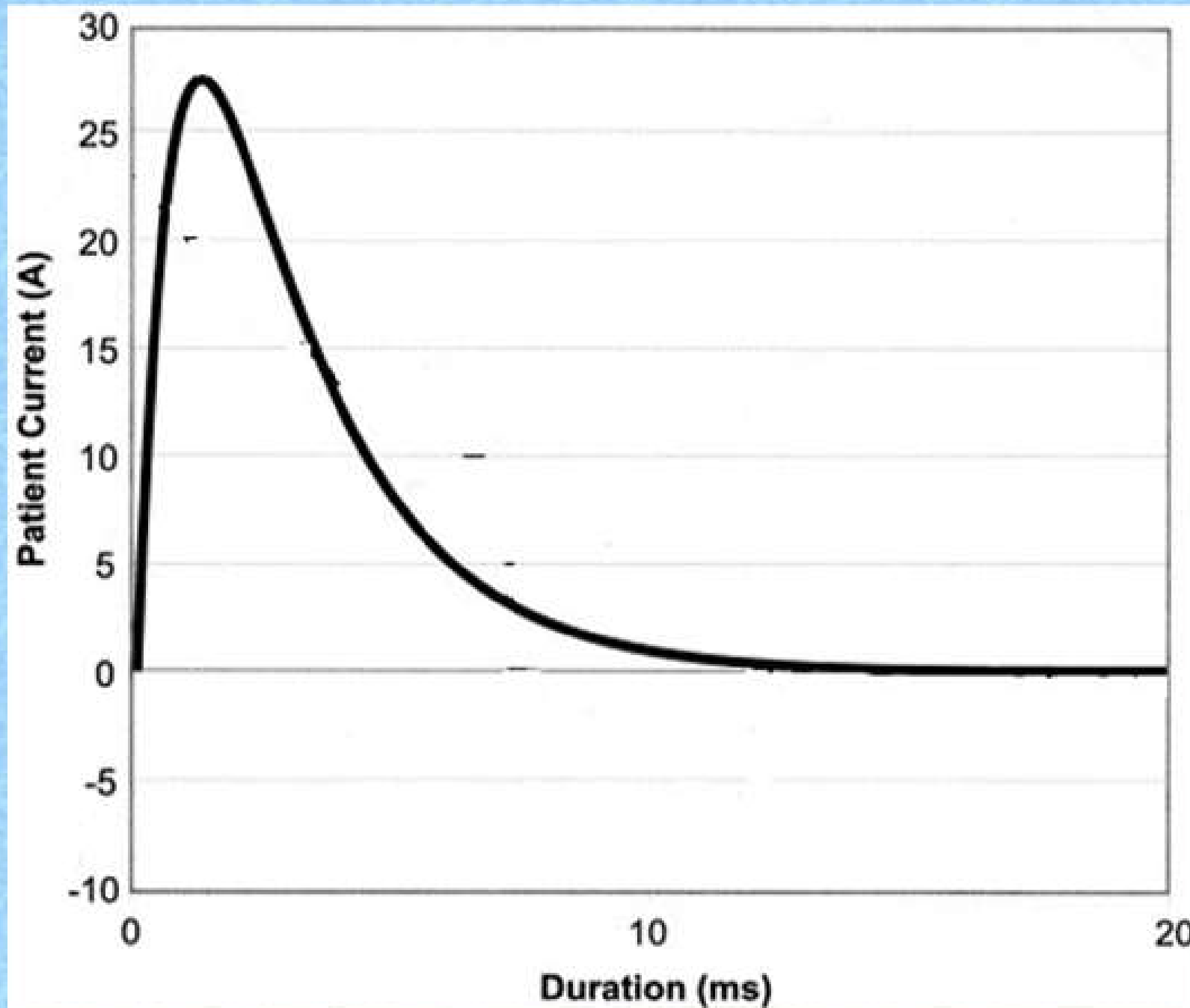
# Defibrilatoarele externe

- Defibrilatoare externe sunt de 2 tipuri:
  - Monofazate
  - Bifazate

# Defibrilatoarele externe monofazate

- Un defibrilator monofazic aplică un singur impuls electric.
- Un astfel de defibrilator are nevoie un nivel ridicat de energie electrică pentru a funcționa corect.
- Energia este de obicei de la 200 jouli și ridicata la 300 de jouli; dacă este necesar, cel mai înalt nivel este de 360 jouli.
- Există două tipuri principale de unde monofazice:
  - cu undă aproximativ sinusoidală (monophasic damped sinusoidal waveform)- cele mai utilizate
  - cu undă trunchiat exponențială (monophasic truncated exponential waveform)

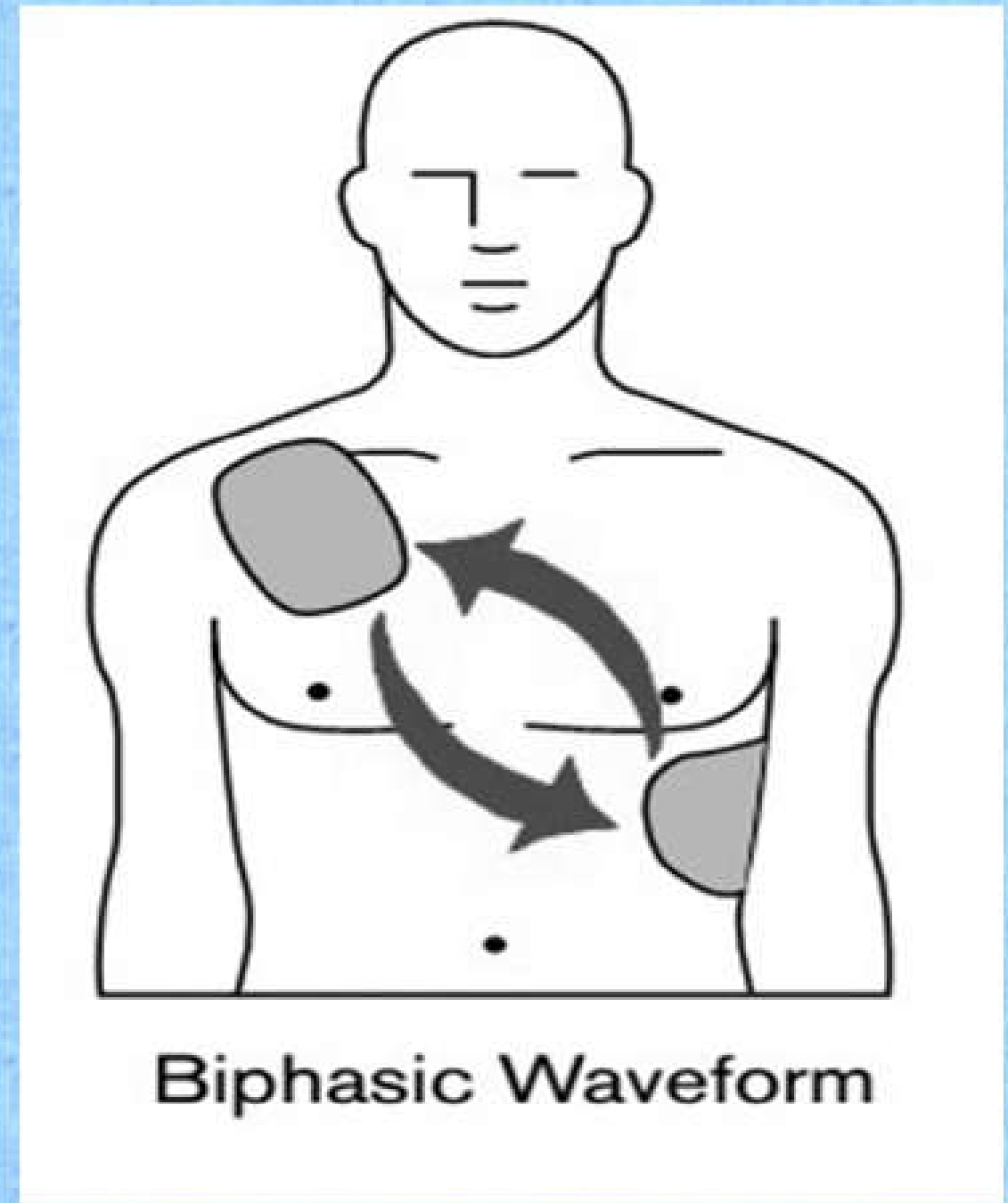
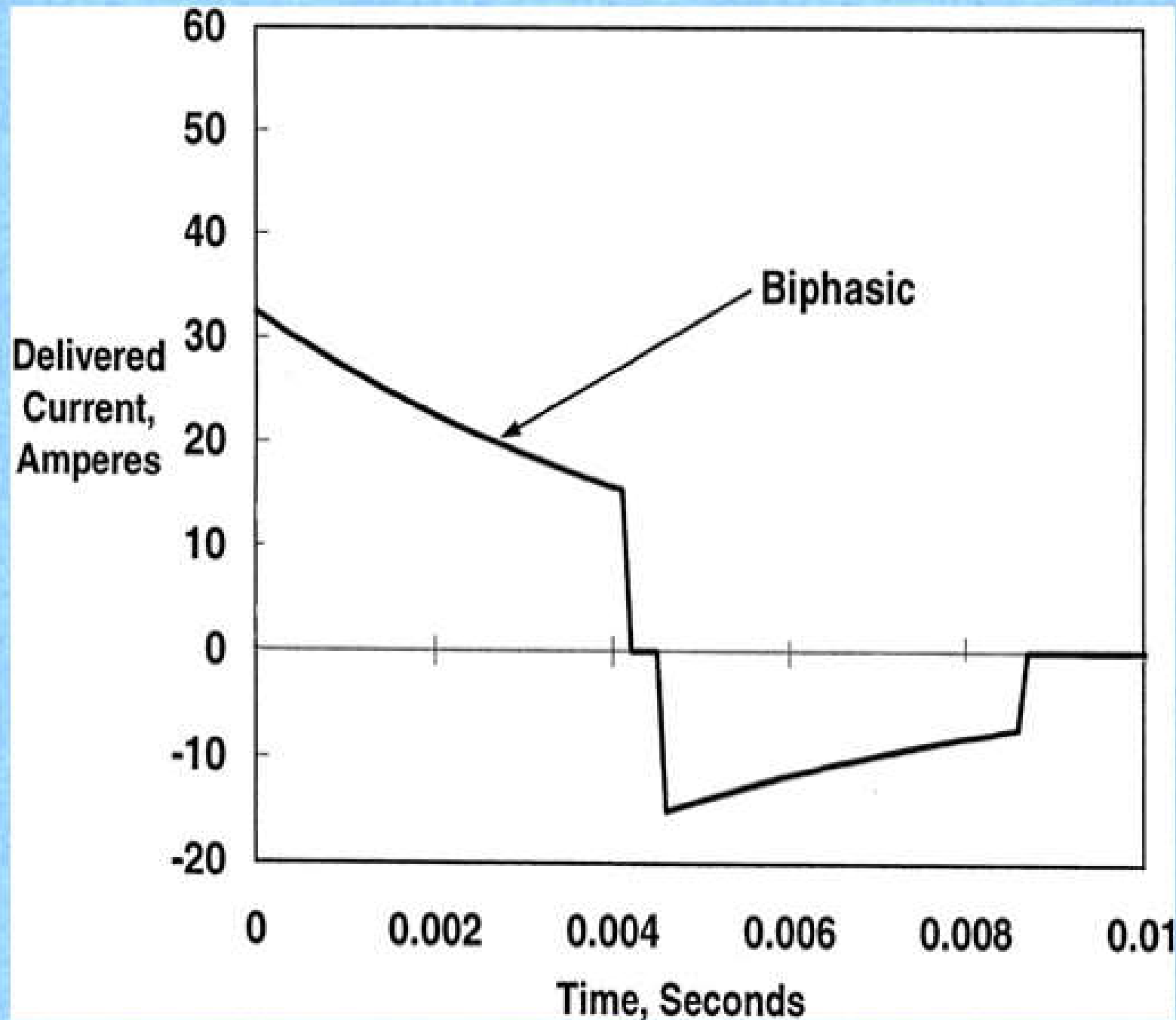
# Defibrilatoarele externe monofazate



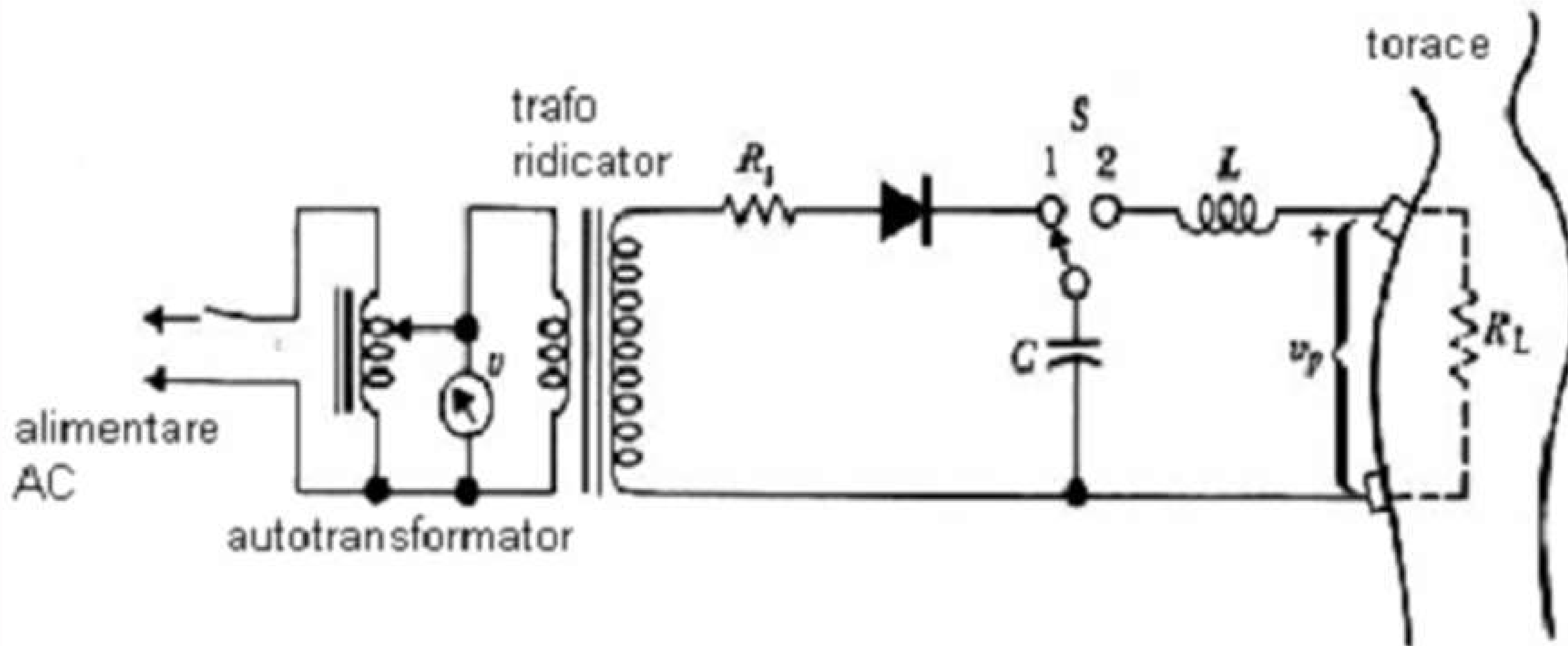
# Defibrilatoarele externe bifazice

- În ultimii 10 ani au fost introduse în uz defibrilatoarele bifazice.
- La acest tip de defibrilatoare intensitatea curentului își schimbă polaritatea în cele aproximativ 10-15 milisecunde cât este livrat șocul electric.
- De asemenea și defibrilatoarele bifazice generează două tipuri de unde:
  - bifazic trunchiat exponențial (biphasic truncated exponential)
  - bifazic rectiliniar (rectilinear biphasic)
- Pentru defibrilatoarele bifazice recomandările actuale privind energia șocurilor electrice prevăd nivele de cel puțin 150J pentru primul șoc electric și de 200J pentru următoarele șocuri, dacă primul nu a fost eficient.

# Defibrilatoarele externe bifazice



# Defibrilator extern monofazic

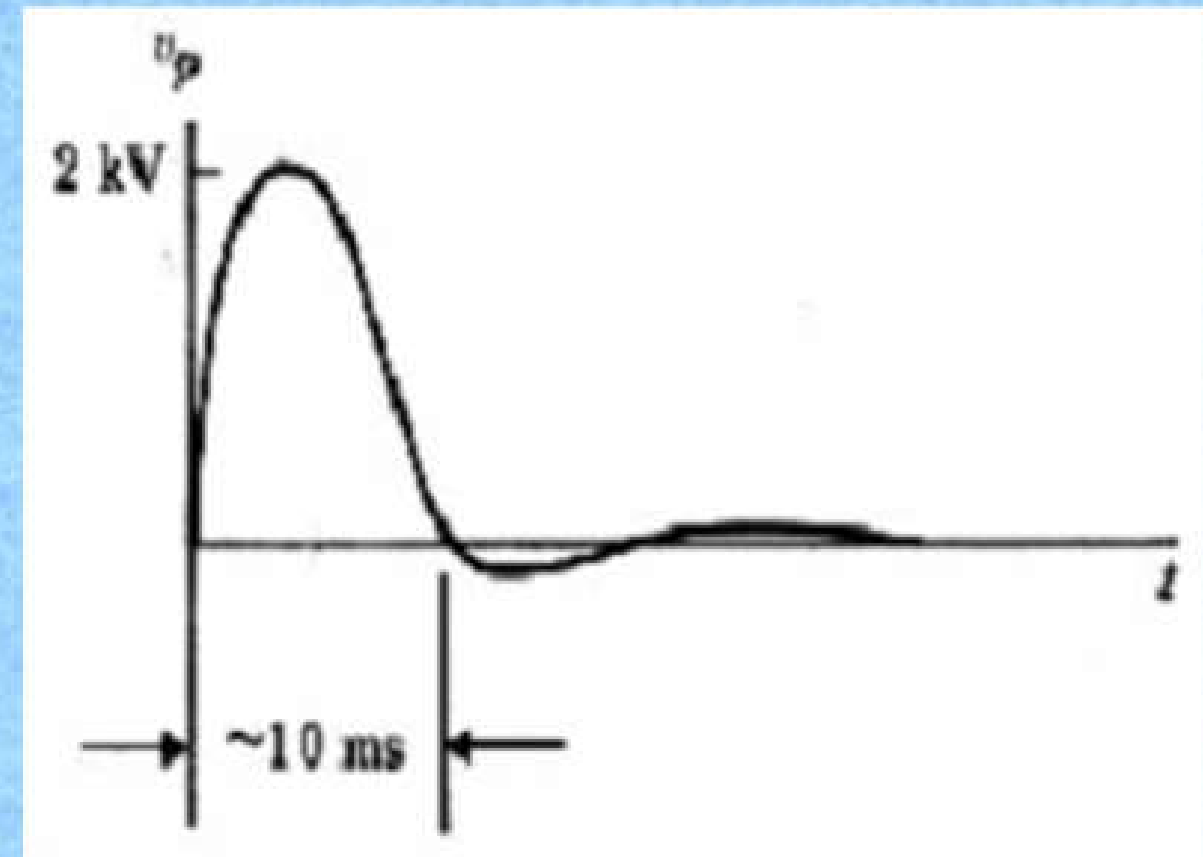


# Defibrilator extern monofazic

- Impulsul de curent are durata de aproximativ 10ms și amplitudinea maximă de 50 A.
- Forma lui este sinusoidală amortizată. Dacă apreciem impedanța pieptului dintre electrozi la 50 Ω putem calcula energia aproximativă necesară defibrilării:

$$\text{Energia} = \frac{1}{2} I_v^2 R \cdot t \text{ [J]}$$

- unde  $I_v$  este curentul de vârf,  $R$  este impedanța pieptului, iar  $t$  este durata pulsului. În condițiile date energia va fi de 320 J.





# Defibrilator extern monofazic

- Acest impuls de defibrilare se obține prin descărcarea unui condensator pe electrozii aplicați pacientului.
- În cazul în care circuitul de descărcare este realizat ca un simplu contact electric, circuitul echivalent va fi de tip RC.
- Forma impulsului de defibrilare în acest caz va fi o exponențială.
- Vârful de curent va avea o durată insuficientă depolarizării, iar scăderea exponențială ar putea induce refibrilarea .

# Defibrilator extern monofazic

- Defibrilatoarele moderne au inseriată o bobină în circuitul de descărcare ceea ce conferă forma de sinusoidă atenuată impulsului de defibrilare.
- Datorită pierderilor de energie în condensator și bobină, energia înmagazinată va fi cu aproximativ 25 % mai mare decât cea care ajunge la pacient. Valoarea maximă înmagazinabilă este de 400 J.
- În condițiile în care energia din condensator poate fi exprimată prin:

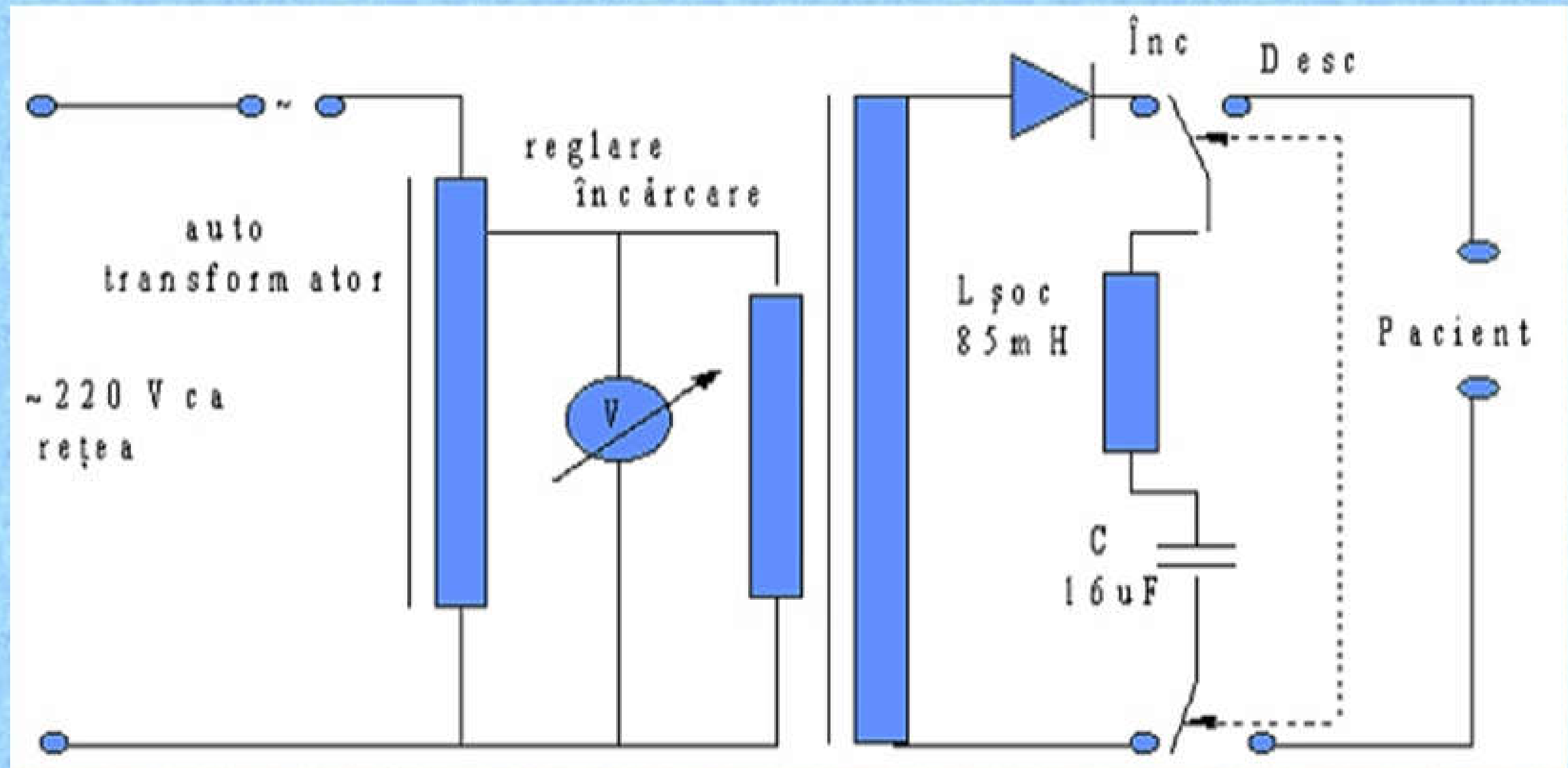
$$E_c = \frac{1}{2} CU^2$$

# Defibrilator extern monofazic

- Rezultă că un condensator cu capacitatea  $C = 16 \mu\text{F}$  care va stoca o energie de  $E_c = 400 \text{ J}$ , va trebui încărcat cu o tensiune de  $7 \text{ KV}$ .
- O energie de  $400 \text{ J}$  este suficientă pentru defibrilarea unui adult voluminos folosind electrozi aplicați pe piept. Energia de defibrilare va fi redusă pentru adulți cu greutate mai mică sau pentru copii.
- Se apreciază că energia inițială pentru defibrilare să fie de  $3 \text{ J/Kg}$  pentru electrozi externi și de  $0.5 \text{ J/Kg}$  pentru electrozi aplicați intern.
- Acest ultim tip de plasare a electrozilor se folosește la defibrilarea pacienților în timpul operațiilor pe cord, iar electrozii sunt plasați direct pe mușchiul cardiac.
- Energia din condensator în acest caz este limitată la max  $50 \text{ J}$ .

# Defibrilator extern monofazic

- Schema de principiu a unui defibrilator este prezentată mai jos:



# Defibrilator extern monofazic

- Comutatorul folosit de defibrilator este dublu și cuplează armăturile condensatorului concomitent la circuitul de încărcare fie la electrozi.
- Acest comutator este de obicei un releu vidat, pentru evitarea formării arcului electric la contacte. Condensatorul de înaltă tensiune este umplut cu ulei și se încarcă printr-o diodă de la un transformator ridicător de tensiune. Tensiunea din primarul transformatorului este controlată cu ajutorul unui autotransformator.
- Electrozii de pacient, numiți padele, sunt metalici și au o formă plată cu diametrul de 10 cm având mânerule izolante. Mânerulele sunt astfel proiectate încât să împiedice scurgerea gelului de contact spre mâna operatorului, punându-i viața în pericol.

# Defibrilatorul extern

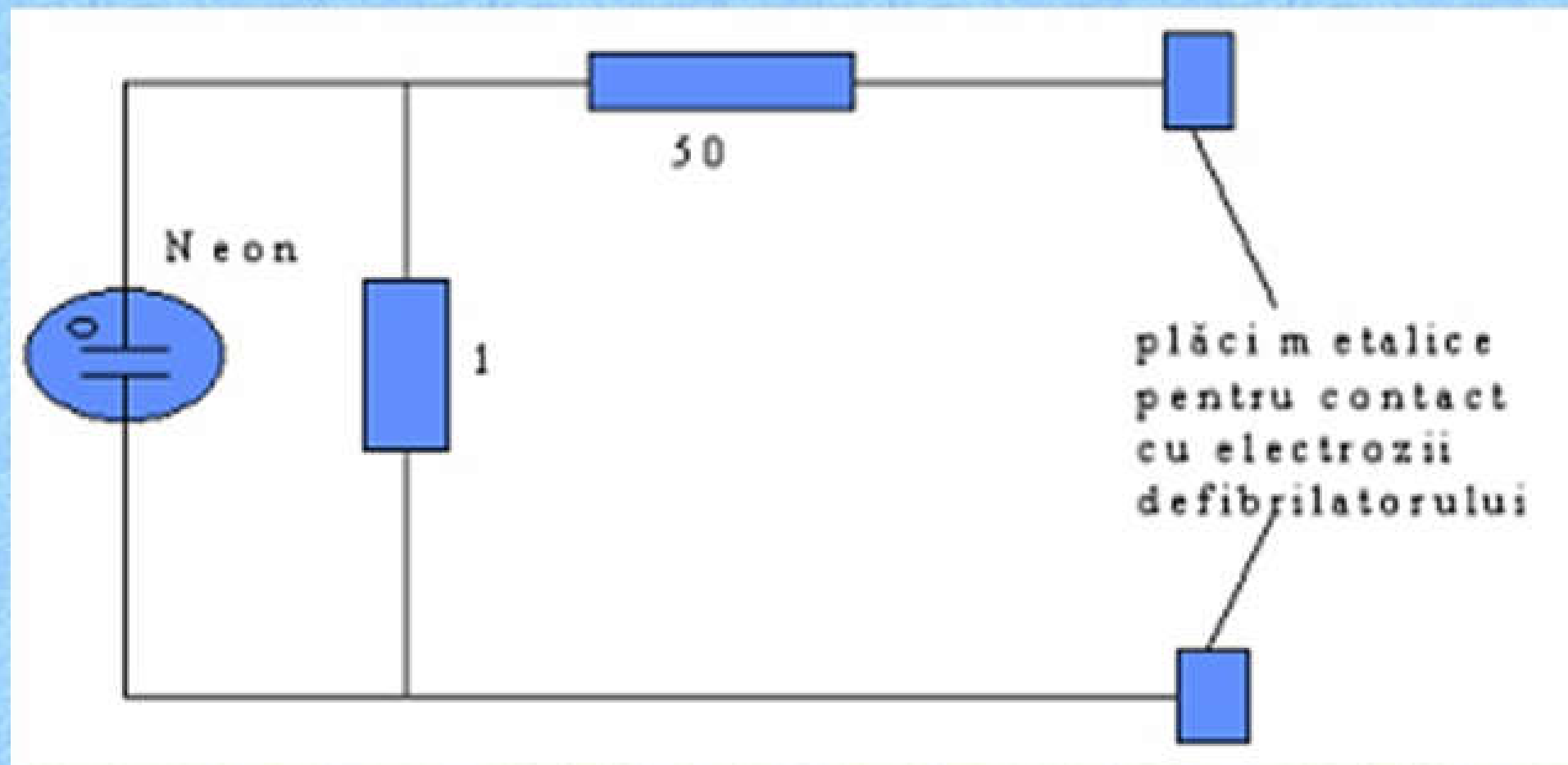
- Majoritatea defibrilatoarelor conțin circuite de sincronizare a descărcării cu unda R a ECG-ului.
- Acest regim de lucru permite realizarea cardioversiei.
- Termenul de cardioversie a fost introdus de Lown și se referă la restaurarea ritmului sinusal în tratamentul aritmiilor cardiace cu ajutorul șocului electric de curent continuu, sincronizat, aplicat transtoracic.

# Defibrilatorul extern

- Sincronizatorul asigură o întârziere de 20 ms aproximativ între vârful undei R și declanșarea impulsului de defibrilare, în vederea evitării zonelor de vulnerabilitate atrială și ventriculară ( unda T ).
- Unele defibrilatoare permit monitorizarea undei ECG prin electrozii de defibrilare.
- Există variante de aparate de defibrilare portabile echipate cu baterii de alimentare reîncărcabile.
- Verificarea bunei funcționări a defibrilatorului se poate face prin descărcarea pe o sarcină artificială .

# Defibrilatorul extern

- Schema unei astfel de sarcini este dată în figura de mai jos:

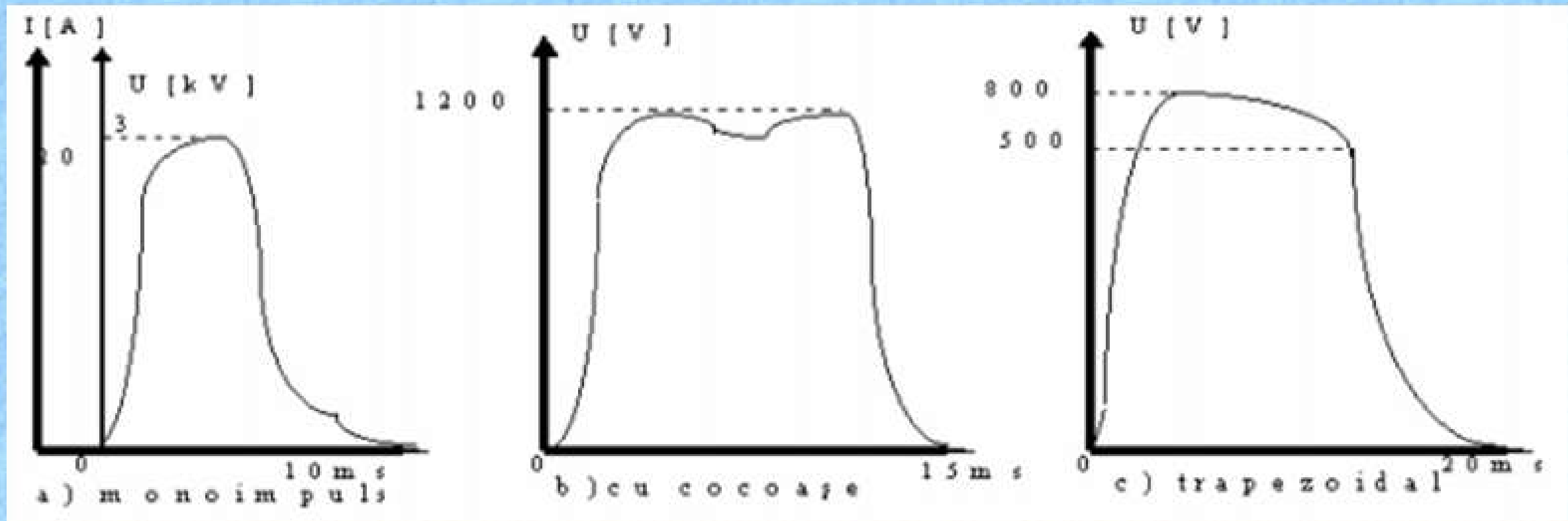


- În caz de bună funcționare becul cu neon trebuie să se aprindă.
- Unele defibrilatoare au incorporată intern o astfel de sarcină de testare.



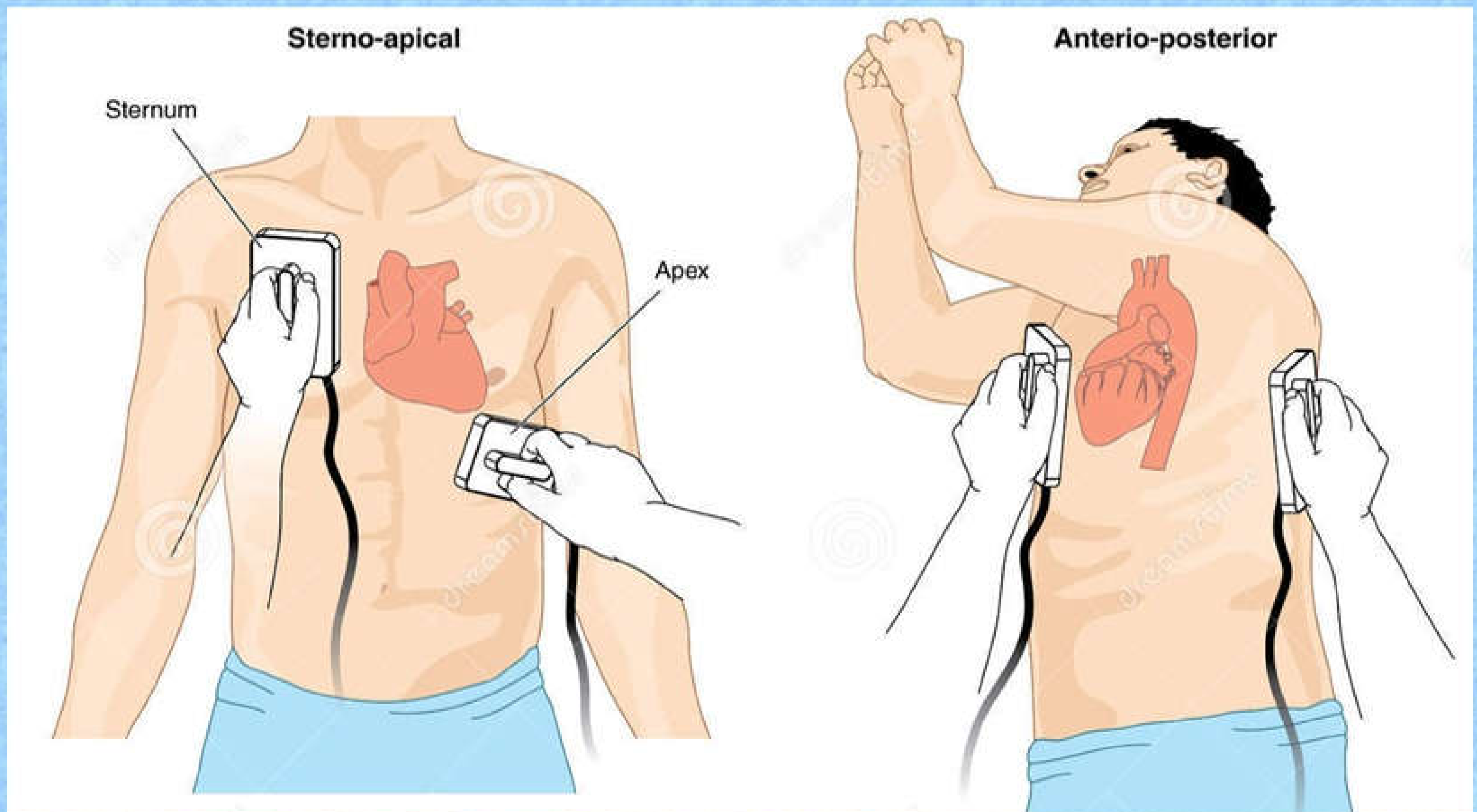
# Defibrilatorul extern

- Există și alte tipuri de impulsuri de defibrilare.
- Energia furnizată pacientului este proporțională cu suprafața delimitată de axa timpului și curbă.



# Defibrilatorul extern

- Amplasarea electrozilor la defibrilare se poate face în două moduri: poziție antero-laterală (sterno-apical) și poziție antero-posterioară:



# Defibrilarea

- Cel mai adesea este folosită amplasarea antero-laterală.
- În felul acesta curentul va trece de-a lungul axei longitudinale a inimii cuprinzând cea mai mare parte a masei musculare cardiace.
- Electrozii nu vor fi plasați pe stern sau în poziții apropiate unul de celălalt deoarece țesutul osos are o impedanță mare și poate scădea eficacitatea șocului electric, iar plasarea apropiată duce la scurtcircuitarea traseului curentului făcând defibrilarea ineficientă.

# Defibrilarea

- Fixarea toracică a electrozilor trebuie pregătită prin degresarea atentă a pielii cu eter, pentru a reduce la minimum rezistența transcutanată și prin aplicarea pe electrozi a unei paste bună conducătoare de electricitate realizând astfel un bun contact electric, un transfer de energie electrică cât mai bun și o leziune cutanată minimă.
- Realizarea defibrilării se face după ce s-a făcut anestezierea pacientului în caz că acesta era conștient.

# Defibrilatoarele interne

- Un defibrilator cardiac implantabil seamana cu un pacemaker insa circuitele sale nu sunt cu mult diferite de cele ale unui defibrilator automat.
- Bateria, condensatorul si restul circuitelor sunt inchise intr-o carcasa de metal (titaniu sau otel inoxidabil) implantata sub piele in piept.
- De obicei cutia are dimensiuni de aproximativ  $50 \times 50 \times 15$  mm si deseori are si rol de electrod.

# Defibrilatoarele interne

- Condensatorii unui defibrilator intern nu sunt cu mult mai mici decat cei ai unui defibrilator extern ( $\sim 125 \mu\text{F}$ ), dar sunt incarcati doar la  $\sim 600 \text{ V}$ , avand astfel o sarcina de  $0,075 \text{ C}$  si o energie de  $23 \text{ J}$ .
- Un defibrilator intern dezvoltă cam o zecime din energia unui defibrilator extern, insa descarcarea are loc prin electrozii plasati direct in inima, asadar fiind la fel de eficienta.
- Impedanta tisulara pentru un defibrilator intern este de minim  $50 \Omega$ , implicand astfel o constanta temporala de  $\sim 5\text{ms}$ .

# Defibrilatoarele interne

- Multe defibrilatoare interne au doi condensatori de  $250 \mu\text{F}$  conectați în paralel, rezultând o capacitate de  $500 \mu\text{F}$ .
- La descarcare conexiunea dintre ei este schimbată astfel încât vor fi legați în serie, rezultând capacitatea de  $125 \mu\text{F}$  menționată mai sus.
- Un avantaj al acestei tehnici este faptul că fiecare condensator trebuie încărcat la o tensiune de numai  $300 \text{ V}$ , tensiune care devine  $600 \text{ V}$  când condensatorii sunt legați în serie.
- Majoritatea defibrilatoarelor interne au o energie maximă de  $\sim 30 \text{ J}$ .

# Defibrilatoarele interne

- Defibrilatoarele automate se alimenteaza de obicei din baterii pe baza de litiu (de obicei litiu – argint – oxid de vanadiu).
- Doua astfel de baterii legate in serie produc circa 6V.
- Dat fiind faptul ca un condensator are nevoie de  $\sim 600V$ , bateriile alimenteaza un circuit care ridica tensiunea pana la cea necesara.
- Durata de viata a bateriei este importanta, deoarece aceasta, impreuna cu restul circuitelor sunt implantate in corpul pacientului, astfel orice schimbare a vreunei piese necesita o operatie.



# Defibrilatoarele interne

- Bateriile trebuie sa alimenteze si circuitele pentru monitorizarea continua a inimii si pentru alte functii, și in practica durata de viata este de cam 5 ani.
- Durata necesara pentru a incarca respectivul condensator este în general cam de 10-20s pentru o incarcare completa.
- Tensiunea scade gradual si previzibil pe parcursul duratei de viata a bateriei, astfel tensiunea poate fi folosita ca indicator a duratei de viata utila a bateriei.

# Defibrilatoarele interne

- Electrozii si firele lor sunt componente cruciale ale unui defibrilator intern.
- Spre deosebire de electrozii defibrilatorului extern electrozii sunt implantati in inima si trebuie sa functioneze ani in sir.
- Multe defectiuni ale acestor dispozitive apar datorita firelor.
- Ca si in cazul pacemakerelor, firele unui defibrilator intern sunt spiralate pentru a fi flexibile si pentru a se rupe mai greu.
- Acestea sunt izolate cu cauciuc-silicon sau poliuretan pana la electrozii propriu-zisi.

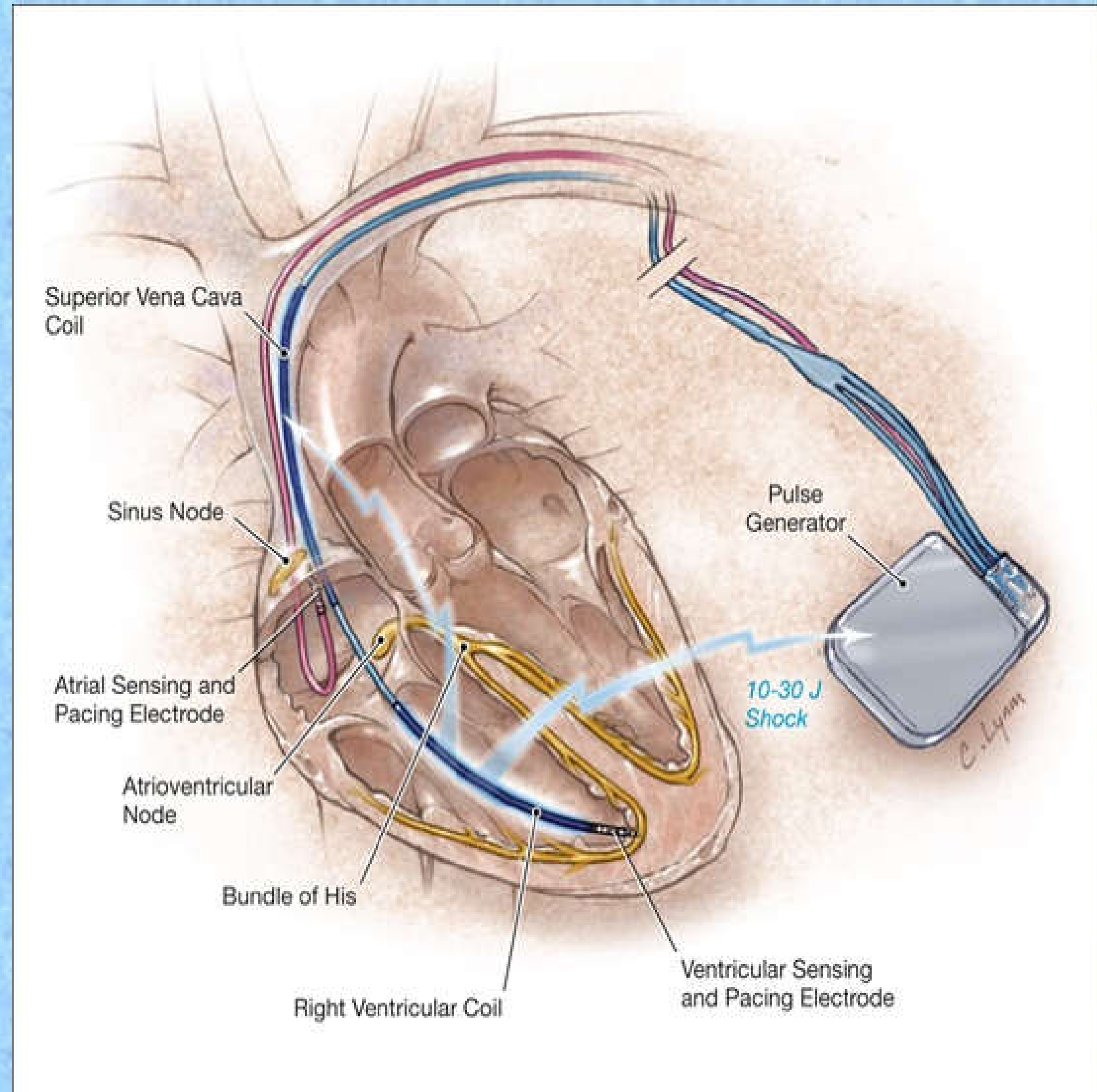
# Defibrilatoarele interne

- Un cablu tipic va contine 3 electrozi: unul cu functie de pacemaker si analiza si doi mai mari pentru defibrilare.
- In general tesutul este lezat (inflamatie urmata de fibroza) in zona de contact cu electrodul.
- Electrozii trebuie atasati de endocard pentru a nu se dizloca.
- Unii electrozi folosesc o metoda pasiva de fixare, avand dinti de plastic. Acestia se vor agata de trabeculele din endocardul ventriculului drept.
- O alta metoda de atasare este una activa, care implica un helix metalic, asemanator cu un tirbuson, care se insurubeaza in endocard.

# Defibrilatoarele interne

- Defibrilatorul folosește algoritmi complicați pentru a decide dacă o aritmie este prezentă, algoritmi care diferă de la fabricant la fabricant.
- Defibrilatorul mai conține și suficientă memorie pentru a stoca ECG-ul dinainte, din timpul și după defibrilare.
- Informații privind defibrilator precum încărcarea bateriei și semnale ECG pot fi obținute prin telemetrie.
- Defibrilatoarele interne moderne folosesc banda de frecvență dedicată implanturilor medicale (402-405Mhz).
- Multe astfel de dispozitive pot fi și reprogramate prin telemetrie.

# Defibrilatoarele interne

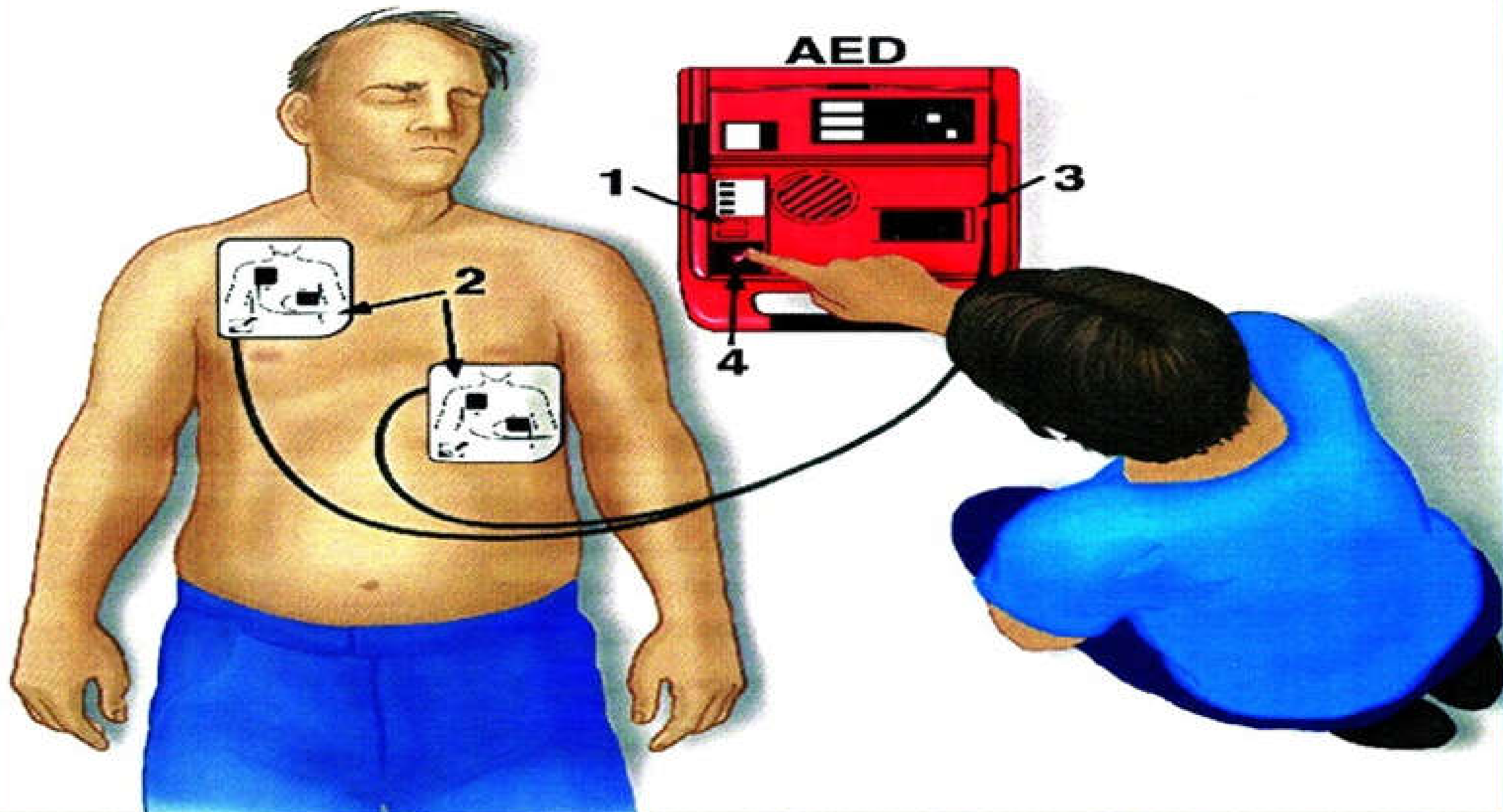


# Defibrilatoare AED

- Defibrilatoarele AED (Automated external defibrillator) semi sau complet automate sunt concepute pentru uz public si licențiate pentru a administra primul ajutor rapid și sigur.
- Extrem de eficient si usor de utilizat de catre orice persoana care vine in ajutor, chiar și fără o pregătire minimă.
- Defibrilatorul complet automat administrează un soc defibrilator (cand e necesar), fara a fi necesara apasarea unui buton de soc, în timp ce defibrilatorul semi-automat administrează socul la apăsarea butonului respectiv

# Defibrilatoare AED

- 1. Activate AED.**
- 2. Apply pads.**
- 3. AED analyzes heart rhythm.**
- 4. When prompted by voice command, press shock.**



# Defibrilarea

- Semiautomat



- Manual





# Mentenananta defibrilatoarelor

- Instructiune privind verificarea periodica a defibrilatoarelor cardiace externe:
  1. Verificarea tipului si a gradului de protectie electrica  
Document de referinta: 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 defibrilatoarelor

## 3. Verificarea curentului/puterii absorbit(e)

Valorile masurate trebuie sa se incadreze in limitele date de specificatia tehnica, valorile maxime și minime nu trebuie sa depaseasca 15% din valorile prescrise.

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

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

## 5. Verificarea curentilor de scurgere stationari permanenti

Valorile masurate trebuie sa se incadreze in limitele specificate de SR EN 60601-1 pct. 19.3 tabel IV, 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 defibrilatoarelor

## 7. Verificarea energiei livrate

Se verifica energia in 3 puncte, astfel:

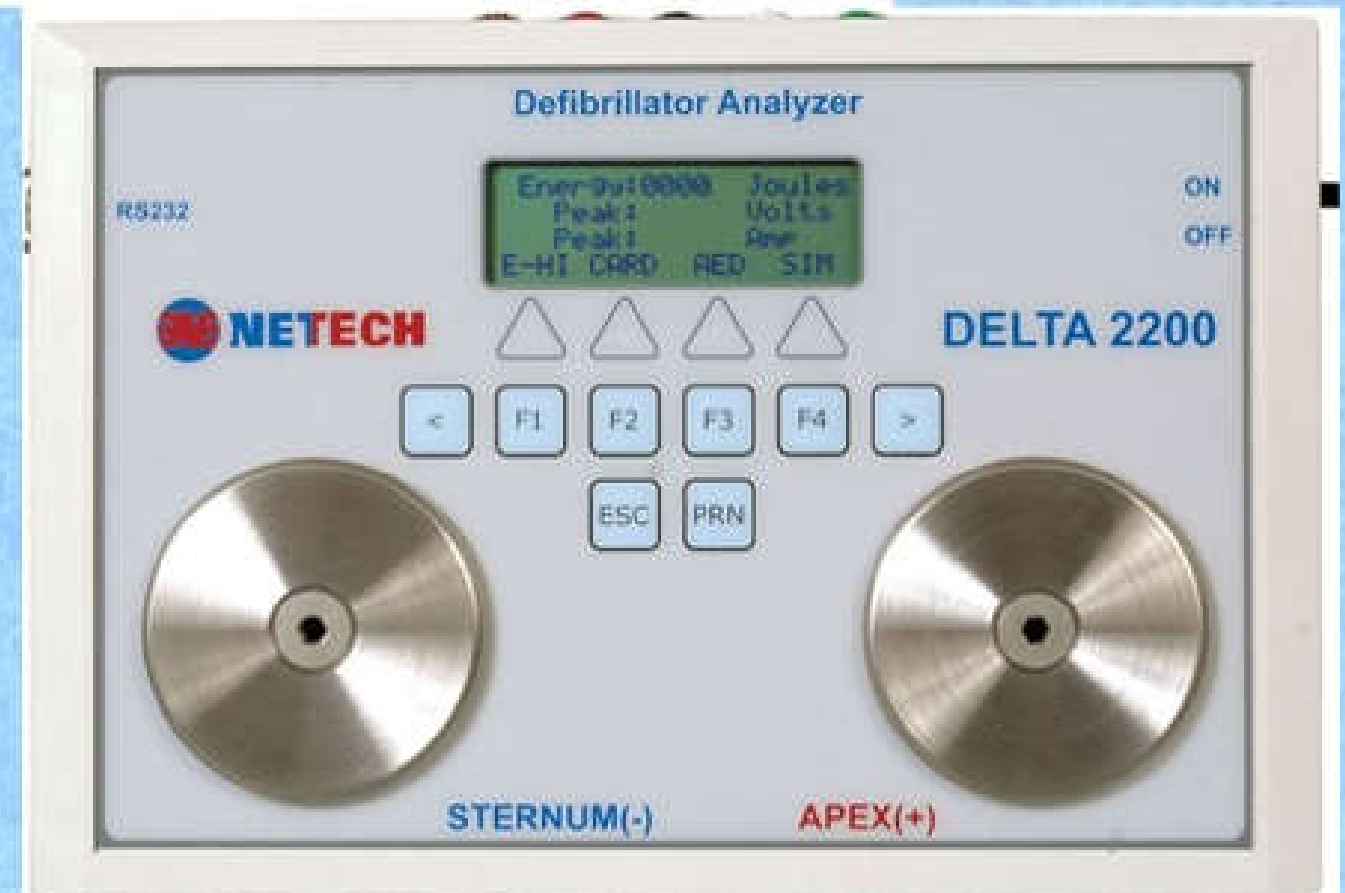
- la valoarea maxima livrata;
- la  $2/3$  din valoarea maxima livrata;
- la  $1/2$  din valoarea maxima livrata;
- la  $1/3$  din valoarea maxima livrata.

Valorile masurate trebuie sa se incadreze in limitele date de producator in specificatia tehnica, iar in absenta acestora nu trebuie sa depaseasca cu mai mult de 20% valoarea prescrisa.

8. Verificarea timpului de incarcare , maxima valoarea masurata trebuie sa fie de maxim 15 s.

Verificarile se efectueaza conform standardului SR EN 60601-2-4:2003.

# Analizatoare pentru defibrilatoare



# Analizatoare pentru defibrilatoare

- Sunt concepute pentru a testa toate funcțiile defibrilatoarelor externe și implantabile, și defibrilatoarele AED.
- Principalele caracteristici:
  - Testarea energiei livrate de defibrilatoarele cu impulsuri monofazice și bifazice (rezoluția 0,1 J; precizia  $\pm 1\%$ )
  - Posibilitatea de testare transcutanată a pacemakerilor
  - Funcție de simulare a semnalelor ECG, până la 12 derivații
  - Setările ritmului cardiac (cu pasul de 1 bpm)
  - Sarcina de descarcare este de 50  $\Omega$ , simulind impendanta corpului uman

**Vă mulțumim pentru atenție!!!**