



GLI ASPETTI TECNICI DELLA SICUREZZA IN AREA CRITICA

L'Impianto elettrico in Sala Operatorie e nelle Sale Intensive



SICUREZZA ELETTRICA

La pericolosità della corrente elettrica
dipende da:

- **Natura della tensione (Continua o alternata)**
- **Intensità della corrente (Ampère)**
- **Durata del contatto**
- **Percorso della corrente nel corpo**
- **Condizioni fisiche e di isolamento della persona**



Effetti fisiopatologici della corrente elettrica

- ✓ - Tetanizzazione
- ✓ - Arresto della respirazione
- ✓ - Fibrillazione ventricolare
- ✓ - Ustioni

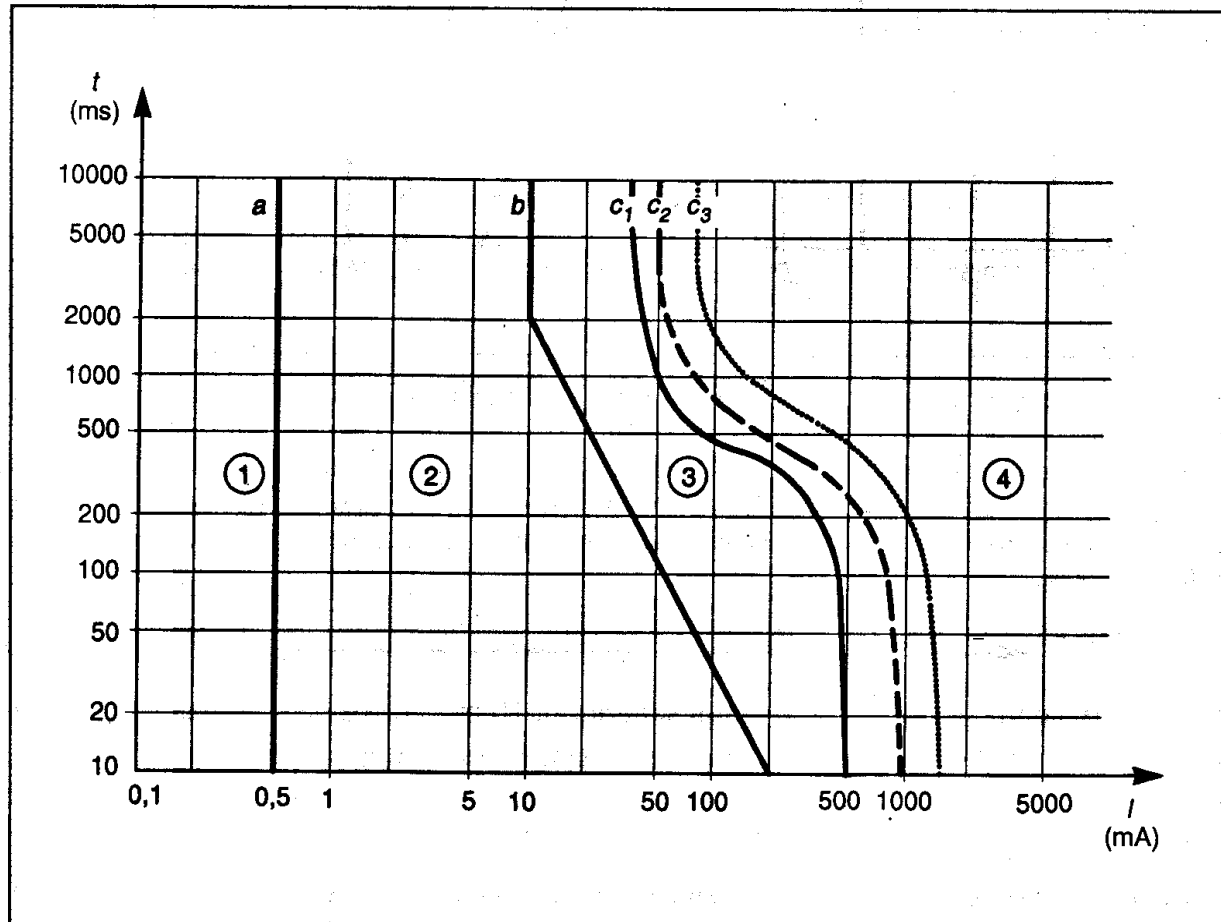


Effetti dell'intensità di corrente

- 0,5 - 10 mA → Sensazione di calore, leggera paralisi, nessun effetto pericoloso
- 10 - 20 mA → Sensazione di forte crampo, pulsazioni alterate
- 20 - 80 mA → Contrazione muscolare fortissima, blocco respiratorio, svenimenti
- > 100 mA → Fibrillazione cardiaca, morte
- > 200 mA → Contrazione muscolare imponente tale da bloccare il cuore e strappare il corpo dal contatto elettrico



Pericolosità della corrente in funzione del tempo



Le curve c rappresentano la soglia di fibrillazione ventricolare riferita al percorso mano sinistra-piedi

1) Abitualmente nessuna reazione (sotto soglia percezione).

2) In genere nessun effetto fisiologico pericoloso, fino alla soglia di tetanizzazione.

3) Abitualmente nessun danno organico. Probabilità di contrazioni muscolari e difficoltà respiratoria; disturbi reversibili nella formazione e conduzione di impulsi nel cuore, inclusi fibrillazione atriale e arresto cardiaco provvisorio senza fibrillazione ventricolare, che aumentano con l'intensità della corrente e il tempo.

4) In aggiunta agli effetti della zona 3, la probabilità di fibrillazione ventricolare aumenta fino a circa il 5% (curva c_2), al 50% (curva c_3), oltre il 50% al di là della curva c_3 . Arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni possono presentarsi con l'aumentare dell'intensità della corrente e del tempo.



Tipi di contatto con l'elettricità:

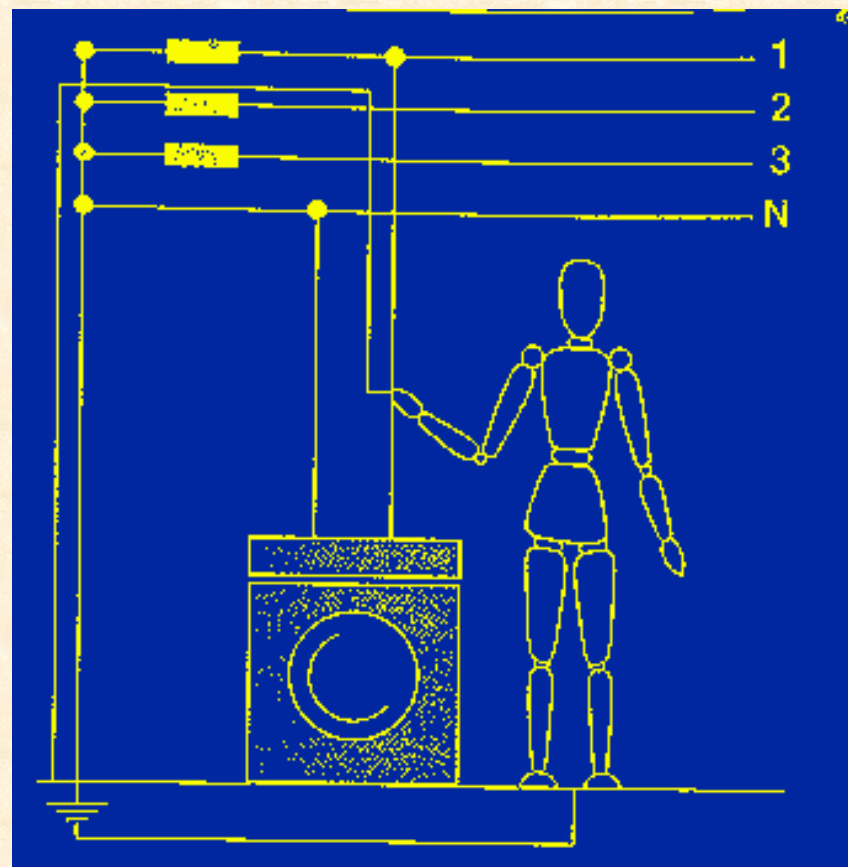
- Contatto diretto (corpo in contatto con parte in tensione).
- Contatto indiretto (corpo in contatto con massa in tensione).
- Contatto diretto contemporaneo con due conduttori (raro).



Contatto Diretto

**Per contatto diretto
si intende il contatto
con parti attive**

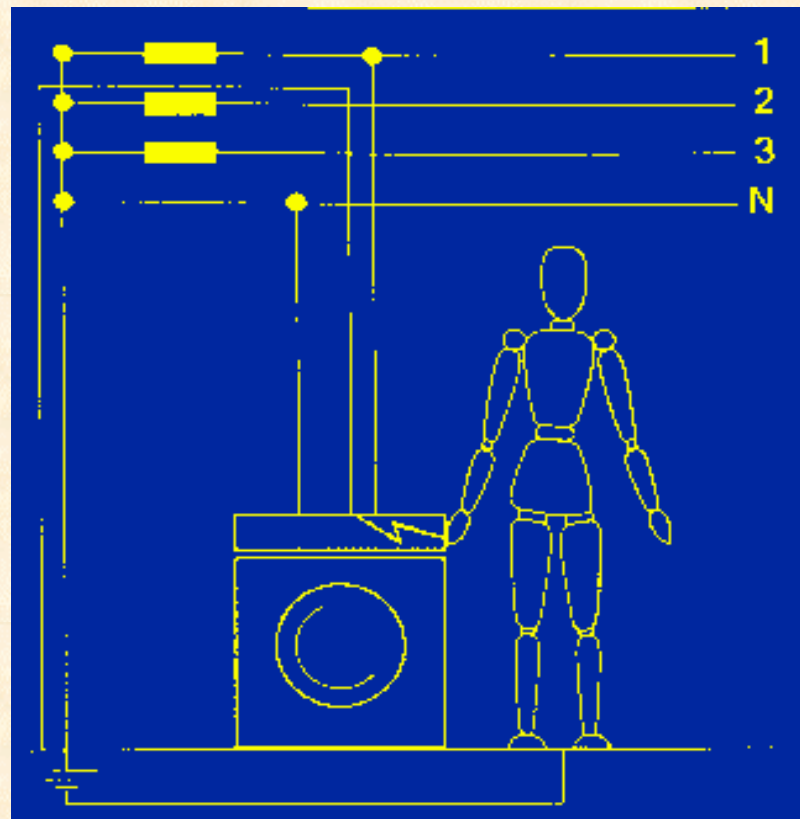
**Attiva è ogni parte
conduttrice in tensione
nel servizio ordinario,
compreso il conduttore
di neutro**



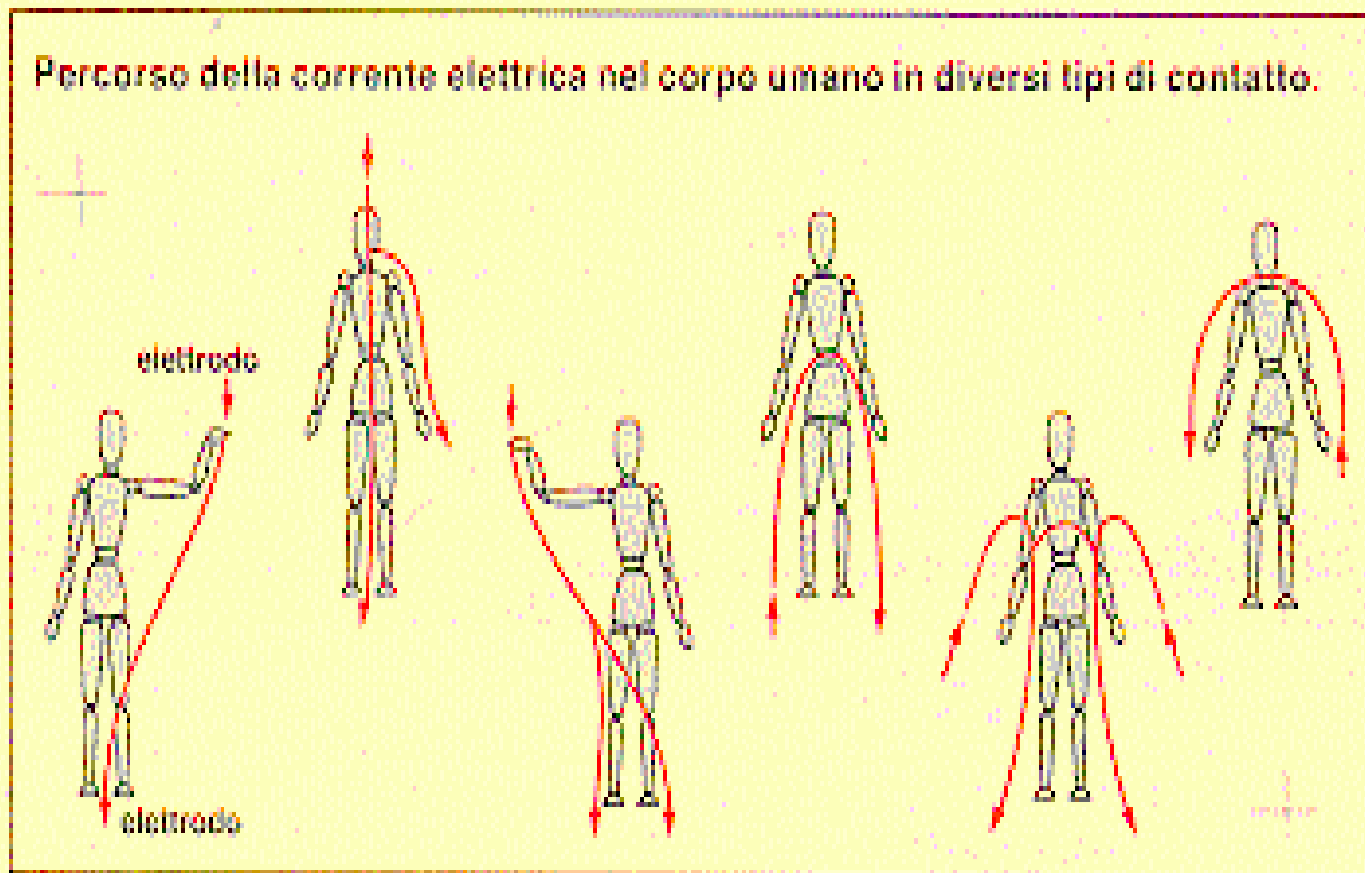


Contatto Indiretto

Per contatto indiretto si intende il contatto con una parte metallica normalmente non in tensione ma che può andare in tensione a causa di un guasto

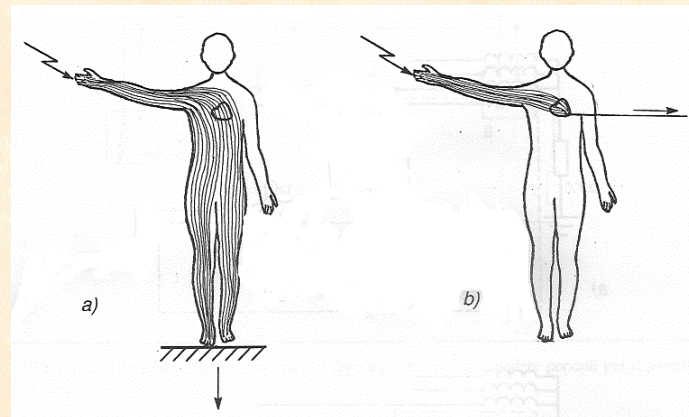


Tipi di percorso nel corpo umano



Sicurezza Elettrica del Paziente in Ospedale

- **Il paziente è più vulnerabile e più esposto ai pericoli dell'elettricità rispetto ad una persona normale**
- Alcuni apparecchi elettromedicali utilizzano elettrodi e cateteri che mettono il cuore del paziente in collegamento elettrico con l'esterno. **Correnti dell'ordine dei microampere possono innescare la fibrillazione ventricolare.** Limite di pericolosità= 20 μA (mille volte più piccola)- Microshock-
- Nel paziente "cateterizzato" tutte le linee di corrente attraversano il muscolo cardiaco:





Sicurezza Elettrica del Paziente in Ospedale

- Il paziente è a contatto diretto o indiretto con numerose apparecchiature elettromedicali e apparecchi elettrici di uso comune.
- Correnti di dispersione di alcuni milliampere sono ritenute del tutto normali per gli apparecchi elettrici di uso comune. Tali correnti, quasi impercettibili per il soggetto comune, possono risultare viceversa mortali per il paziente.
- Il massimo rischio elettrico si verifica in camera operatoria e locali di anestesia, nelle sale di cateterizzazione cardiaca, nelle unità coronariche, nei locali di cura intensiva.
- In questi locali deve essere conseguita **la massima equipotenzialità** tra tutte le masse e le masse estranee, direttamente o indirettamente accessibili al paziente.



Interruttore differenziale

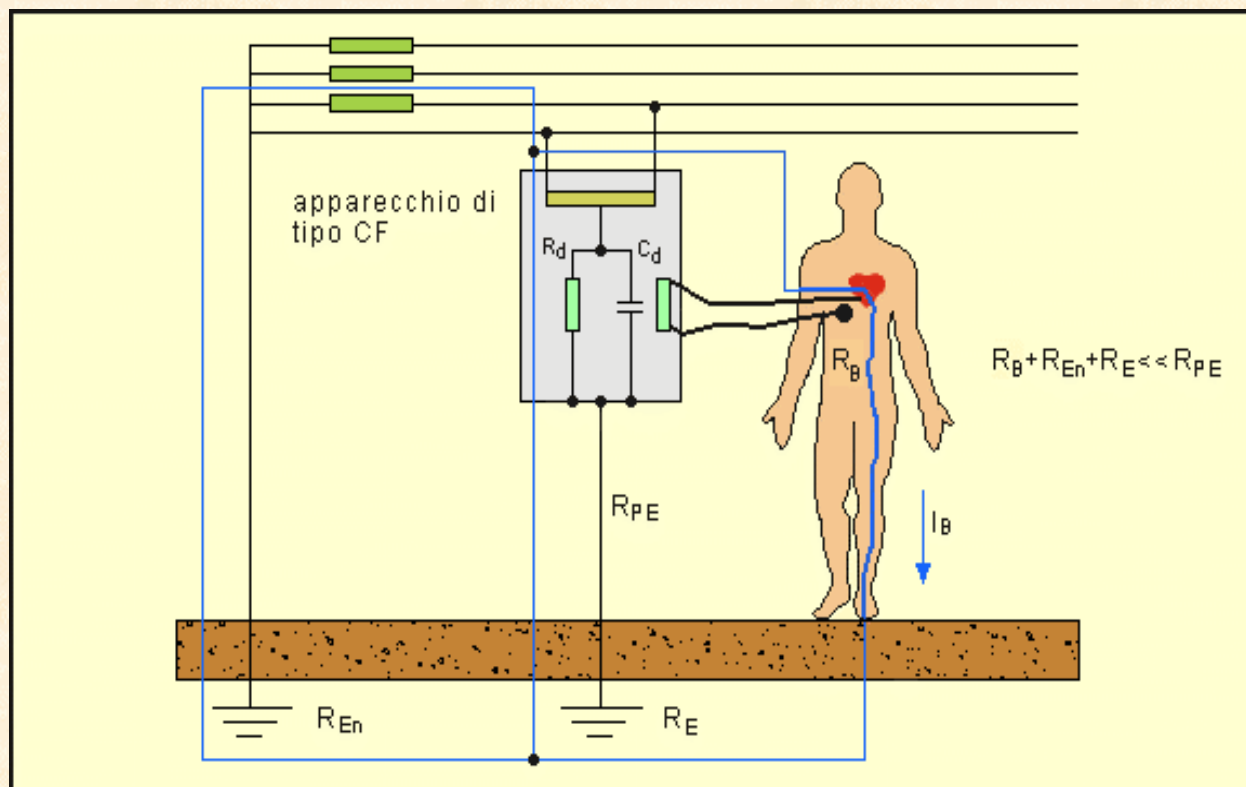
$$I_{\Delta n} = 5, 10, 30, 100, 300, 500, 1000 \text{ mA}$$

Limite inferiore d'intervento:

Un interruttore con corrente differenziale nominale pari a 30 mA sgancia sicuramente entro un tempo di 0,5 secondi. Tra i 15 e 30 mA ha però un comportamento indefinito e non protegge sicuramente sotto i 15 mA



QUELLO CHE SI E' DETTO SINORA VALE PER LE PERSONE IN CONDIZIONI "NORMALI" E IN QUESTO CASO?





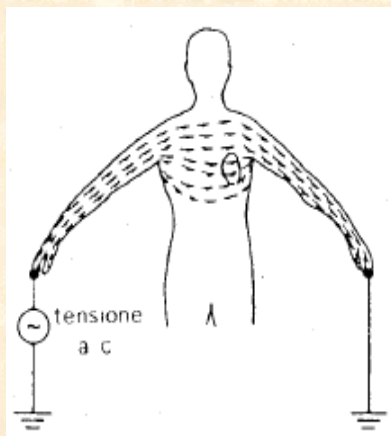
Macroshock e Microshock

I rischi di natura elettrica ai quali possono essere sottoposti i pazienti, in caso di contatti diretti e indiretti, sono schematizzati in due definizioni ormai ben note:

- ✓ **- Macroshock**
- ✓ **- Microshock.**

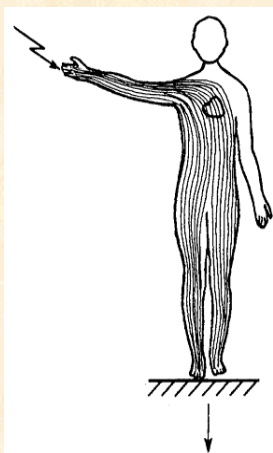
Macroshock

Si è in presenza di **Macroshock** quando il contatto avviene tra una parte in tensione ed una parte di superficie esterna del corpo umano.



Possiamo distinguere i seguenti casi:

- ✓ Contatto diretto = contatto con una parte normalmente in tensione (es. metto un oggetto metallico nella presa di corrente). La presenza di un interruttore differenziale protegge parzialmente l'operatore: l'interruttore differenziale limita la durata (e non l'intensità) della corrente che attraversa il soggetto in contatto diretto. La protezione nel caso di contatto diretto con un polo della rete è assicurata solo dalla presenza del trasformatore d'isolamento. Osserviamo che se l'operatore tocca i due poli della rete non può essere protetto in nessun modo!
- ✓ Contatto indiretto = contatto con una parte accidentalmente in tensione (es. c'è un guasto nell'apparecchiatura e l'involucro va in tensione). In questo caso la prevenzione più efficace consiste nella presenza contemporanea di interruttore differenziale e impianto di terra efficiente.



La corrente fluisce, in massima parte, attraverso una ampia sezione del corpo e soltanto una piccola quota di essa può interessare direttamente il cuore (**bassa densità di corrente nel muscolo cardiaco**).



Macroshock

(Guasto su app. alimentata da rete 220V)

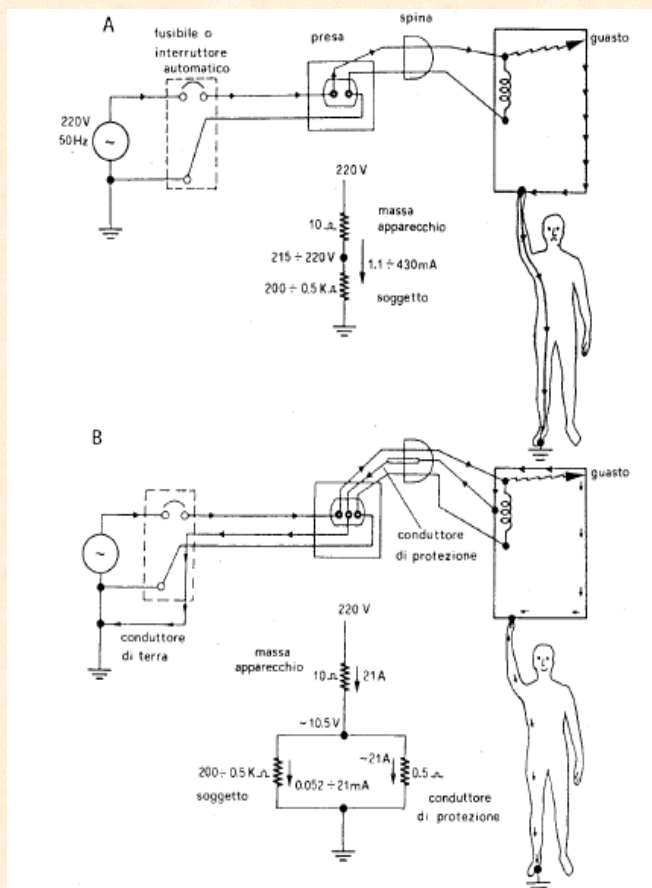


Fig. 4.1 - Pericoli da macroshock per corto circuito a massa di un apparecchio alimentato dalla distribuzione generale dell'energia. A: senza conduttore di protezione; B: con conduttore di protezione.

Caso A:

$$I_p = 220 / (10\Omega + 200K\Omega + 500\Omega) = 1,1\text{mA}$$

[430mA]

Caso B:

$$I = 220 / (10\Omega + 0,5\Omega) = 21\text{ A}$$

(interviene differenziale, brucia il fusibile)

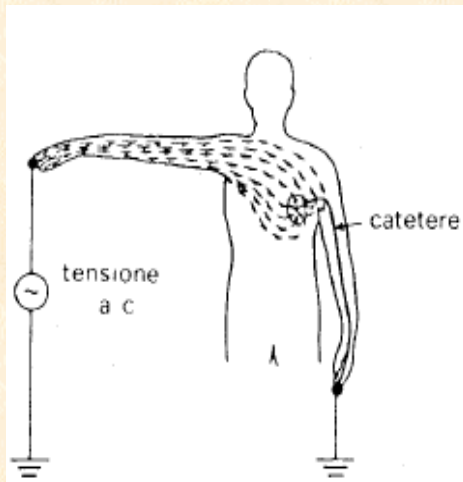
$$V_c = 21\text{A} * 0,5\Omega = 10,5\text{ V}$$

$$I_p = 10,5 / 200K\Omega + 500\Omega = 0,052\text{mA}$$

[21mA]

Microshock

Per i pazienti sottoposti ad interventi di cateterismo cardiaco o anche a semplici esami con applicazioni di sonde od altri elementi che operano internamente e vicino al cuore, al pericolo di Macroshock si deve aggiungere anche il rischio di **Microshock**.



In questo caso la corrente fluisce tutta o in massima parte attraverso il cuore che viene interessato quindi da un'**alta densità di corrente**.

I valori di soglia sono notevolmente più bassi.

(Es. Il valore di soglia della fibrillazione ventricolare può essere 200mA in condizione di macroshock, e di 20μA in condizioni di microshock)

Ambienti tipici: sale operatorie, terapie intensive



IL RISCHIO DA MICROSHOCK

In caso di microshock, il limite di pericolosità della corrente si riduce ad alcune **decine di microampere**, mentre una persona in condizioni ordinarie può tollerare una corrente di alcune **decine di milliampere**. In altri termini, nel microshock la corrente elettrica è **mille volte più pericolosa** che in condizioni ordinarie.

Il valore di 10 μ A quale corrente ammissibile come limite di sicurezza dal pericolo di microshock, è stato fissato sulla base di considerazioni probabilistiche circa la possibilità di innesco della fibrillazione ventricolare .

Microshock

(pericolo delle apparecchiature)

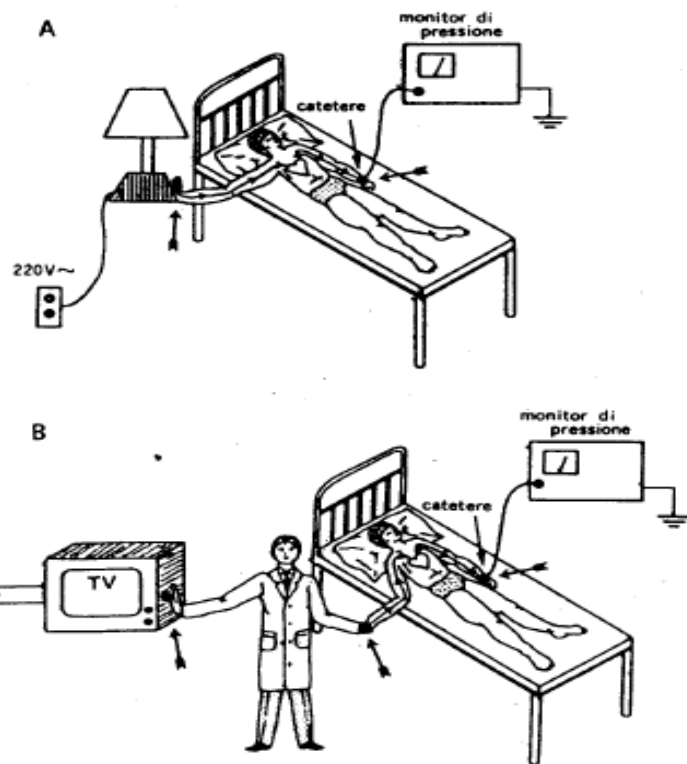


Fig. 5.3 - Paziente cateterizzato con cuore connesso a terra attraverso il monitor di pressione, soggetto a pericoli da microshock per contatti accidentali con la massa di un apparecchio privo di messa a terra. A: contatto diretto; B: contatto indiretto attraverso una terza persona.

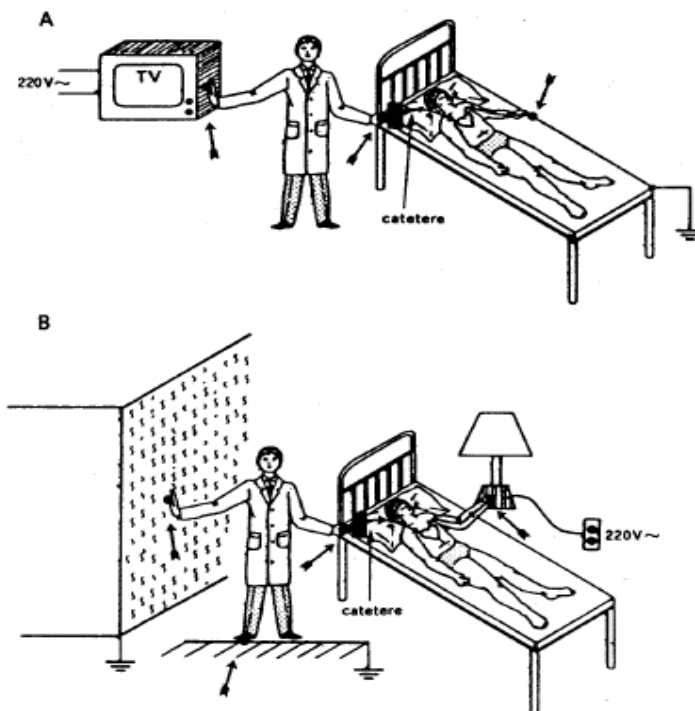


Fig. 5.4 - Paziente con pacemaker esterno a batteria. Il pericolo da microshock sorge in A: perché l'infermiere stabilisce un contatto indiretto tra pacemaker e apparecchio non a terra, e il paziente tocca il letto, messo a terra. In B: perché l'infermiere stabilisce un contatto indiretto tra pacemaker e terra, e il paziente tocca un apparecchio non a terra.



COSA FARE?

**APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI
INTRINSECAMENTE SICURE**

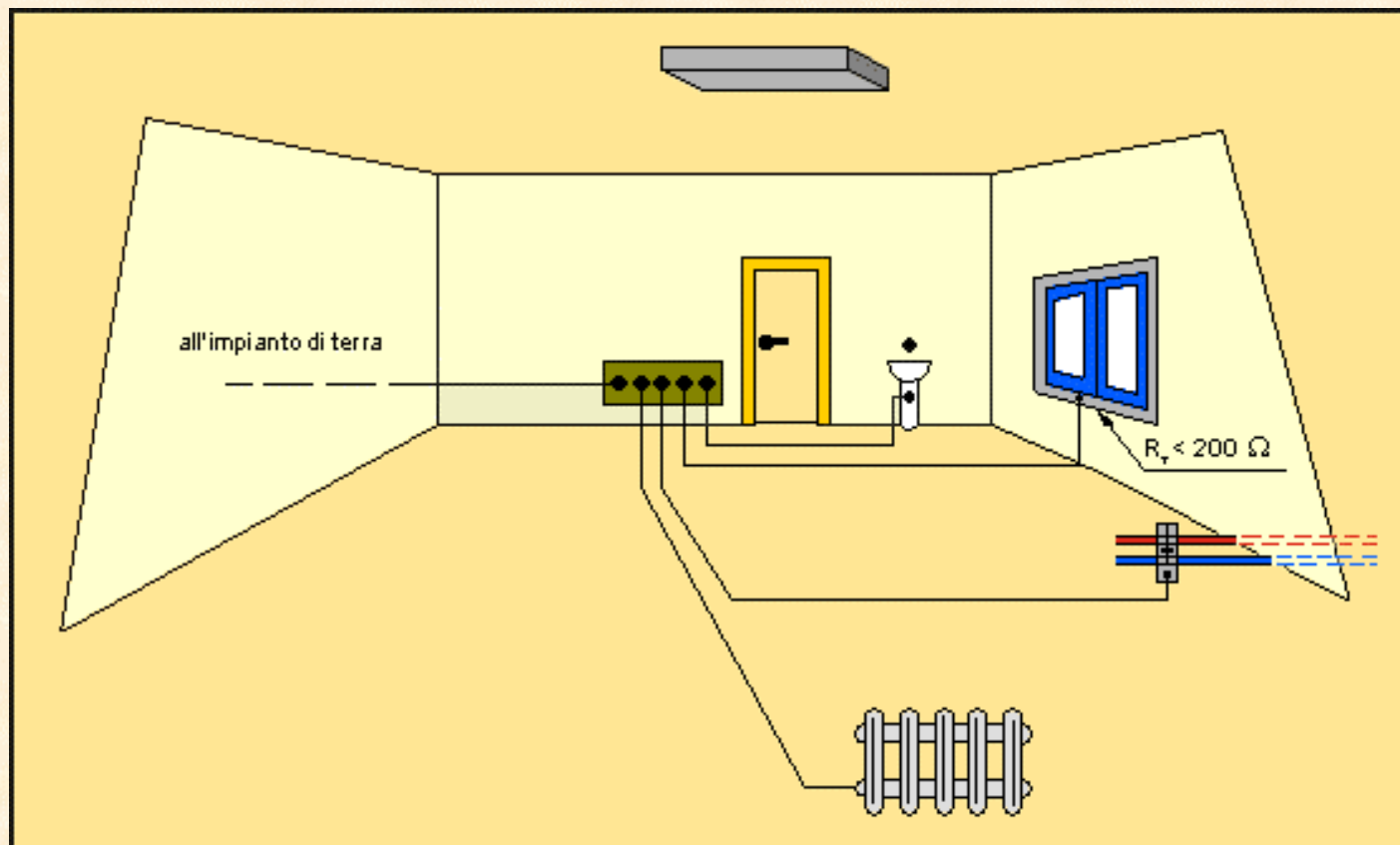


NODO EQUIPOTENZIALE

TRASFORMATORI DI ISOLAMENTO



NODO EQUIPOTENZIALE





NESSUNO PRETENDE CHE UN OPERATORE SANITARIO SIA ANCHE ELETTRICISTA MA CHE SI ATTENGA A QUESTE SEMPLICI INDICAZIONI (1):

- **ASSICURARSI CHE L'APPARECCHIO SIA STATO ACCETTATO DAL SERVIZIO TECNICO DELL'OSPEDALE;**
- **NON INTRODURRE NEI LOCALI AD USO MEDICO APPARECCHIATURE ELETTRICHE (RADIO, ELETTRODOMESTICI, ECC..) SENZA AUTORIZZAZIONE DEL SERVIZIO TECNICO**
- **NON INTERVENIRE SU APPARECCHIATURE O IMPIANTI: CHIAMARE IL TECNICO**
- **NON TACITARE ALLARMI SENZA PRIMA AVER INDIVIDUATO LA CAUSA DELL'ALLARME**



NESSUNO PRETENDE CHE UN OPERATORE SANITARIO SIA ANCHE ELETTRICISTA MA CHE SI ATTENGA A QUESTE SEMPLICI INDICAZIONI (2):

- **LEGGI INNANZITUTTO LE ISTRUZIONI PER L'USO, SEGUILE SPECIE QUANDO SISTEMI O REGOLI L'APPARECCHIO;**
- **CONTROLLA DISPONIBILITÀ DELLE PARTI CHE SI LOGORANO E CHE DEVONO ESSERE SOSTITUITE;**
- **EVITA L'USO DI PROLUNGHE E DI ADATTATORI MULTIPLI; RICHIEDI L'INSTALLAZIONE DI PRESE IN NUMERO SUFFICIENTE;**
- **NON TIRARE MAI LA SPINA DAL CORDONE;**
- **RICHIEDI CHE LE SPINE E I CAVI DANNEGGIATI SIANO SOSTITUITI;**



NESSUNO PRETENDE CHE UN OPERATORE SANITARIO SIA ANCHE ELETTRICISTA MA CHE SI ATTENGA A QUESTE SEMPLICI INDICAZIONI (3):

- **RICHIEDI IL CONTROLLO DEGLI APPARECCHI NEI QUALI SIANO ENTRATI O CHE ABBIANO SUBITO URTI MECCANICI FUORI DAL NORMALE, AD ESEMPIO SIANO CADUTI;**
- **NON PORRE SACCHE DI LIQUIDI SOPRA GLI APPARECCHI ELETTRICI;**
- **USA MEZZI DI DISINFEZIONE E DI STERILIZZAZIONE CHE NON DANNEGGINO L'APPARECCHIO;**
- **NON IMPEDIRE LA VENTILAZIONE DELL'APPARECCHIO, SPECIE QUANDO SOVRAPPONI PIÙ APPARECCHI**



NESSUNO PRETENDE CHE UN OPERATORE SANITARIO SIA ANCHE ELETTRICISTA MA CHE SI ATTENGA A QUESTE SEMPLICI INDICAZIONI (4):

- **RICORDA CHE L'USO DELL'OSSIGENO AUMENTA IL RISCHIO D'INCENDIO;**
- **FAI ATTENZIONE ALLE APPARECCHIATURE NON ELETTROMEDICALI, PERCHÉ POSSONO ESSERE PERICOLOSI PER IL PAZIENTE AL QUALE SIANO APPLICATI APPARECCHI ELETTROMEDICALI;**
- **PER OGNI MINIMO DUBBIO RIVOLGITI ALL'UFFICIO TECNICO DELL'OSPEDALE.**