



FUNDAMENTALS OF ELECTRICAL SAFETY

ELECTRICAL RISK

OUTLINE

- Introduction
- Electrocutation
- Physiological effects of electricity
- Direct and Indirect contact
- Macroshock
- Microshock
- Legal framework – IEC 60601
- Definition of Electrical Medical Device
- Leakage currents
- Classification of EM
- Type of equipment

INTRODUCTION

Biomedical equipment is one of the clearest examples of technological progress aimed at improving living conditions.

For this reason, in all countries with a high technological development index, hospitals are increasingly taking on the role of centres where sophisticated technology is concentrated.



The set of these technologies, made available on the market thanks to research in the field of biomedical engineering, constitutes that area of the health market that is identified by the term biomedical technologies of which the equipment is a subset.

INTRODUCTION

- In a clinical environment patient is exposed to various risks, more than a typical workplace or at home
 - frequent invasive (blood) operations - penetration through skin or mucous membranes
 - presence of potentially hazardous chemicals and substances - anesthetics, medicines, medical gases
 - sources of infection - particularly "hospital infection"
 - various sources of energy that penetrate into or through the patient: current, voltage, ionizing and non-ionizing radiation, sound and ultrasound, electric and magnetic field, UV radiation, lasers, microwave radiation, mechanical stress, etc.

INTRODUCTION



Electrical Risk - combination of probability and severity of possible injury or damage to health in a hazardous situation due to the presence of electrical energy.

INTRODUCTION

- Electrical MD security is considered:
 - physiological effects of electricity
 - possibility (risk) of failures and their consequences
 - methods of patients and staff protection
 - standards describing electrical safety
 - electrical safety testing modes
- Understanding the possible dangers and risks
- Implementation in achieving security

ELECTROCUTION

The **electrocution** event occurs when, as a result of the application of a potential difference between two or more points of the human body, this is crossed by current.

Condition:

- The electrocution is that the current has an entry point and an exit point in relation to the body.
- The **point of entry** is normally the area of contact with the live part;
- The **outlet point** is the area of the body that comes into contact with other conductors allowing the circulation of current within the body following a given path.

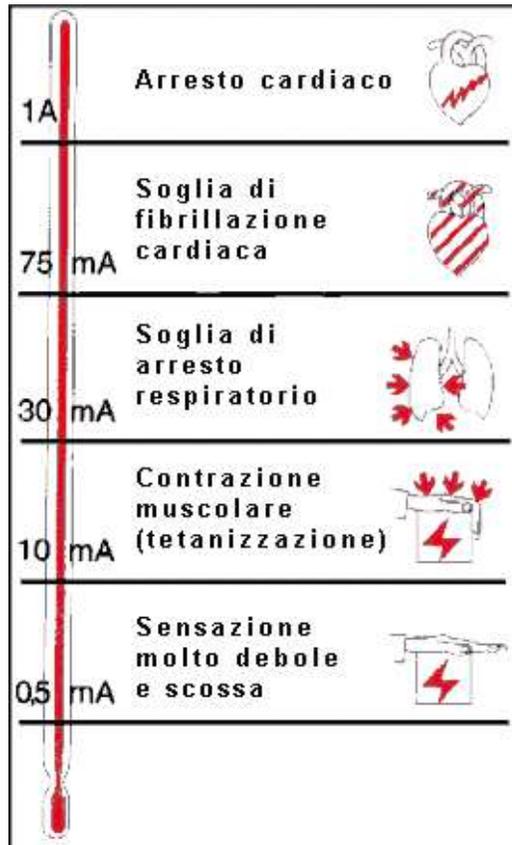


DANGERS OF THE ELECTRICITY

Factors of influence:

1. The **intensity** of current through the human body
2. **Frequency**
3. **Duration** of the contact
4. **Body resistance**
5. **Current path**

1- INTENSITY OF CURRENT



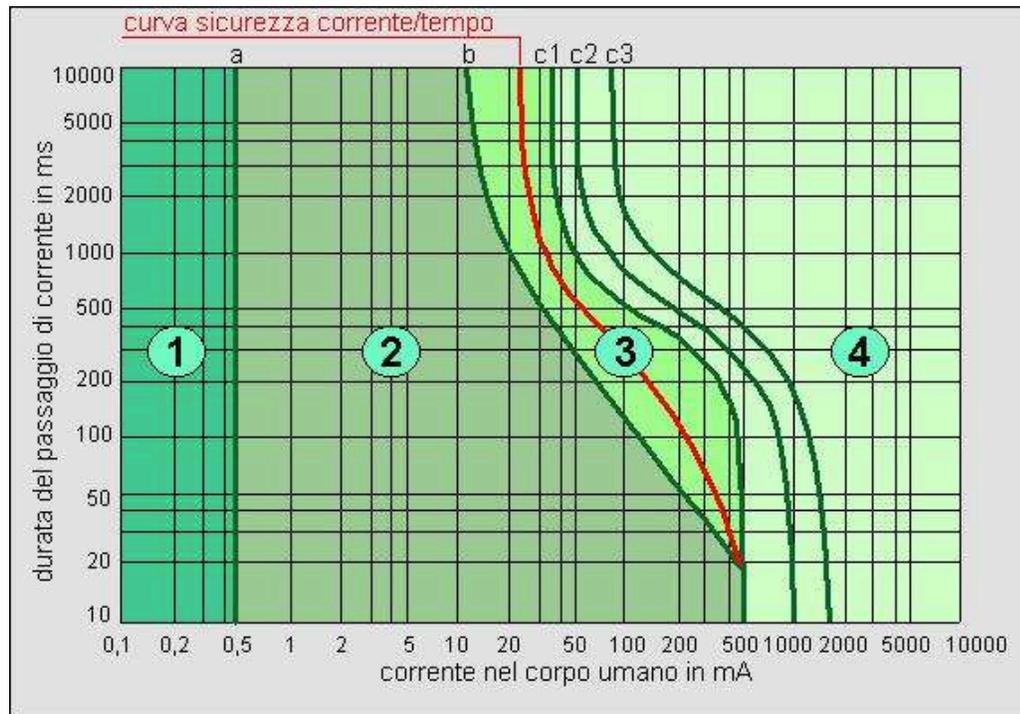
The effect of the alternating current passing through a biological tissue is directly proportional to the intensity of the electric current itself (measured in Ampere).

2 - FREQUENCY

The danger of the current **decreases with increasing frequency**.

- With a high frequency current it has virtually no effect on the state of the cell.
- The tendency of the high frequency current to pass outside the body (skin effect) contributes to its lower danger.
- The current still produces thermal effects.

3 – DURATION OF CONTACT



Log-log graph of the effect of alternating current I of duration T passing from left hand to feet as defined in IEC publication 60479-1.

Zone 1: imperceptible

Zone 2: perceptible but no muscle reaction

Zone 3: muscle contraction with reversible effects

Zone 4: possible irreversible effects

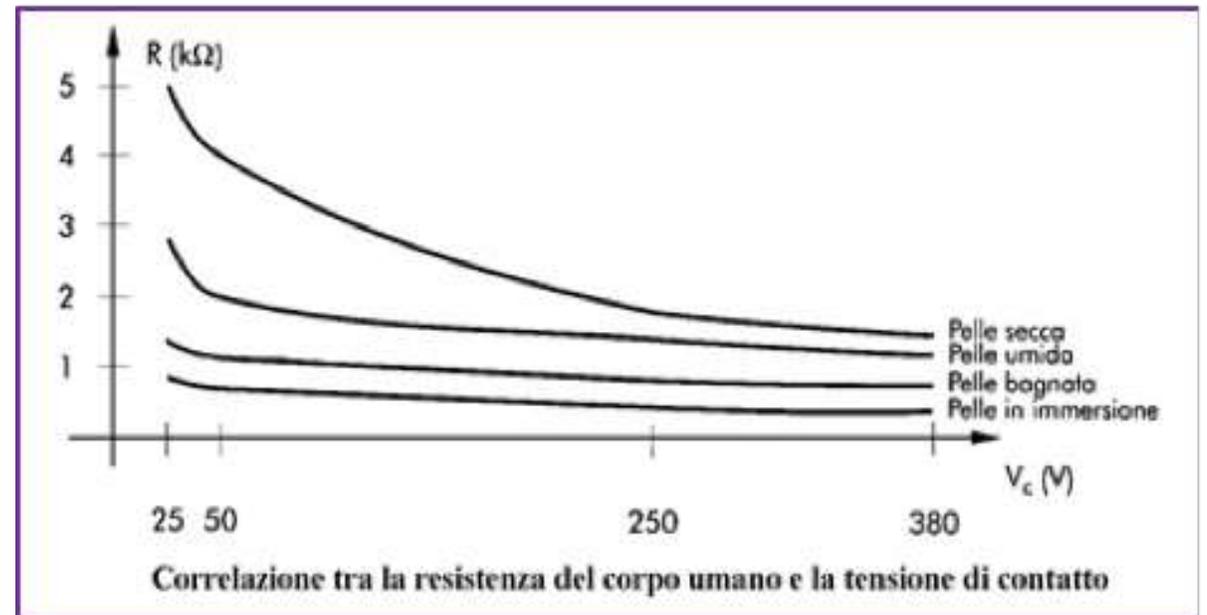
Zone 4.1: up to 5% probability of ventricular fibrillation

Zone 4.2: 5-50% probability of fibrillation

Zone 4.3: over 50% probability of fibrillation

4 – HUMAN BODY RESISTANCE

- La resistenza del corpo umano è praticamente concentrata sull'epidermide in quanto le parti interne, per loro costituzione, presentano una bassissima resistenza. La *resistenza dell'epidermide* è fortemente variabile e dipende dall'ispessimento, dall'uniformità, dalle condizioni di umidità e dall'estensione del contatto.
- I valori misurati variano da alcune centinaia di Ω a diversi $k\Omega$. Si passa da valori di circa 100Ω tra tempia e tempia e di 500Ω tra mani bagnate a valori di 50.000Ω ed oltre tra mani e piedi di operai addetti a lavori manuali e abituati a camminare scalzi.
- **La resistenza del corpo umano varia con la tensione applicata e tende a diminuire all'aumentare di essa.**



4 – HUMAN BODY RESISTANCE

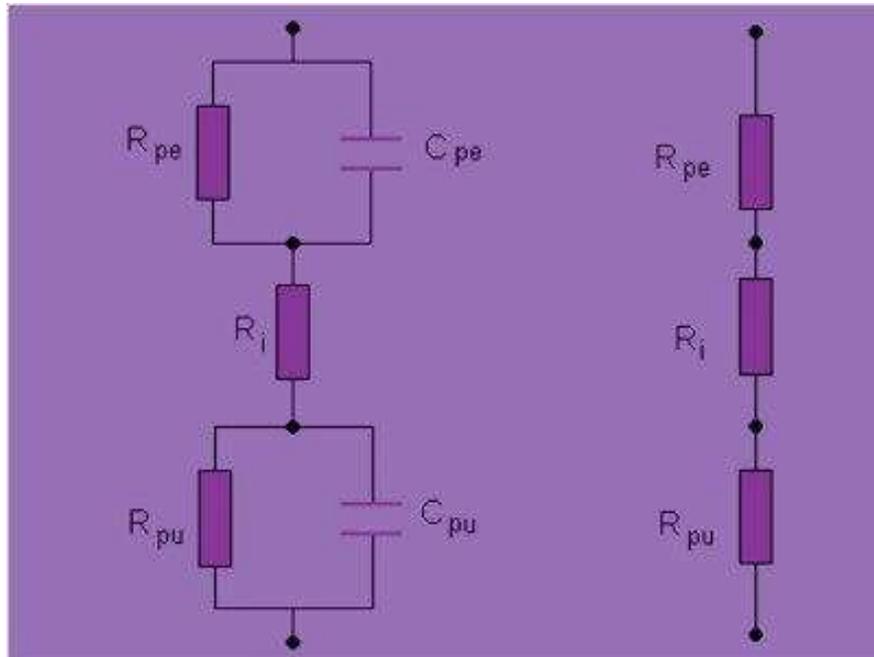
Spesso ci si riferisce più alle tensioni pericolose che alle correnti pericolose. Ovviamente le due grandezze sono legate, tramite la legge di Ohm, alla resistenza elettrica del corpo umano.

$$Z_B I_B = V_B \text{ (Tensione di contatto)}$$

Il corpo umano corrisponde, in termini circuitali ad una impedenza capacitiva. **La capacità C_p risiede principalmente nella pelle**, che si interpone come isolante elettrico. **Il carattere capacitivo dell'impedenza Z_B risulta evidente solo sopra i 1000Hz.**

A 50 Hz l'impedenza è solo resistiva. E' una grandezza estremamente variabile con le condizioni ambientali.

4 – HUMAN BODY RESISTANCE



$$\frac{V_B}{Z_B} < 10 \text{ mA @ } 50 \text{ Hz}$$

$$Z_B = R_B \quad f < 1000 \text{ Hz}$$

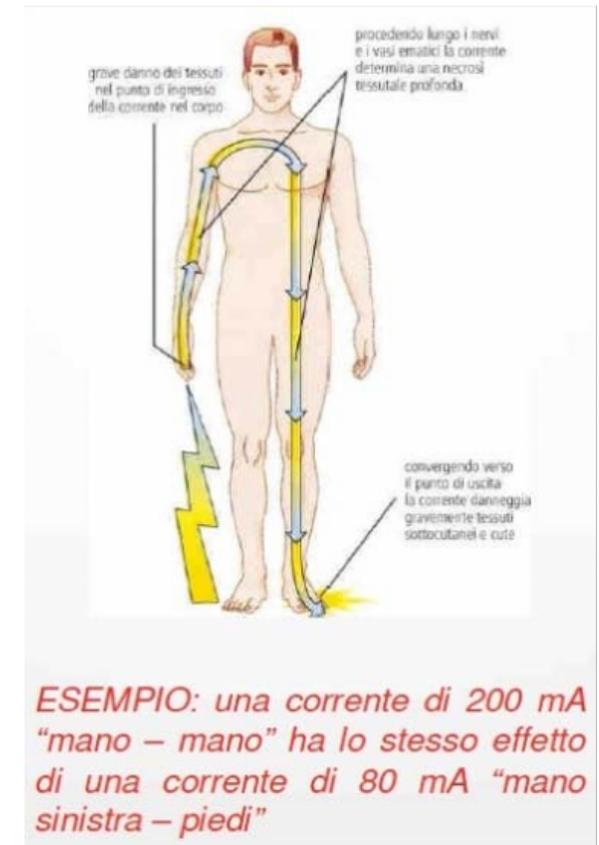
$$Z_B = R_B = R_e + R_i + R_u$$

4 – HUMAN BODY RESISTANCE

- Vista quindi la grande imprecisione nella determinazione di un univoco valore di resistenza è possibile valutarla solo statisticamente e quindi le norme CEI fanno riferimento a valori convenzionali riferiti ad un campione medio di popolazione. Convenzionalmente sono stati stabiliti i seguenti valori:
 - in ambienti accessibili a tutti, molto umidi e bagnati: $RB < 3.000 \Omega$
 - in ambienti accessibili a tutti ma aventi caratteristiche fisiche normali: $RB > 3.000 \Omega$

5 – CURRENT PATH

- La corrente che va ad interessare il cuore è solo una frazione della corrente totale che fluisce attraverso il corpo umano. Poiché la sola corrente totale è misurabile, ad essa si riferisce la soglia di fibrillazione, ma il rapporto tra le due correnti non è costante: esso varia da individuo a individuo e per lo stesso individuo dipende dal percorso della corrente.
- Il **fattore di percorso** indica la pericolosità dei diversi percorsi seguiti dalla corrente, considerando come riferimento il percorso “mano sinistra – piedi”



5 – CURRENT PATH

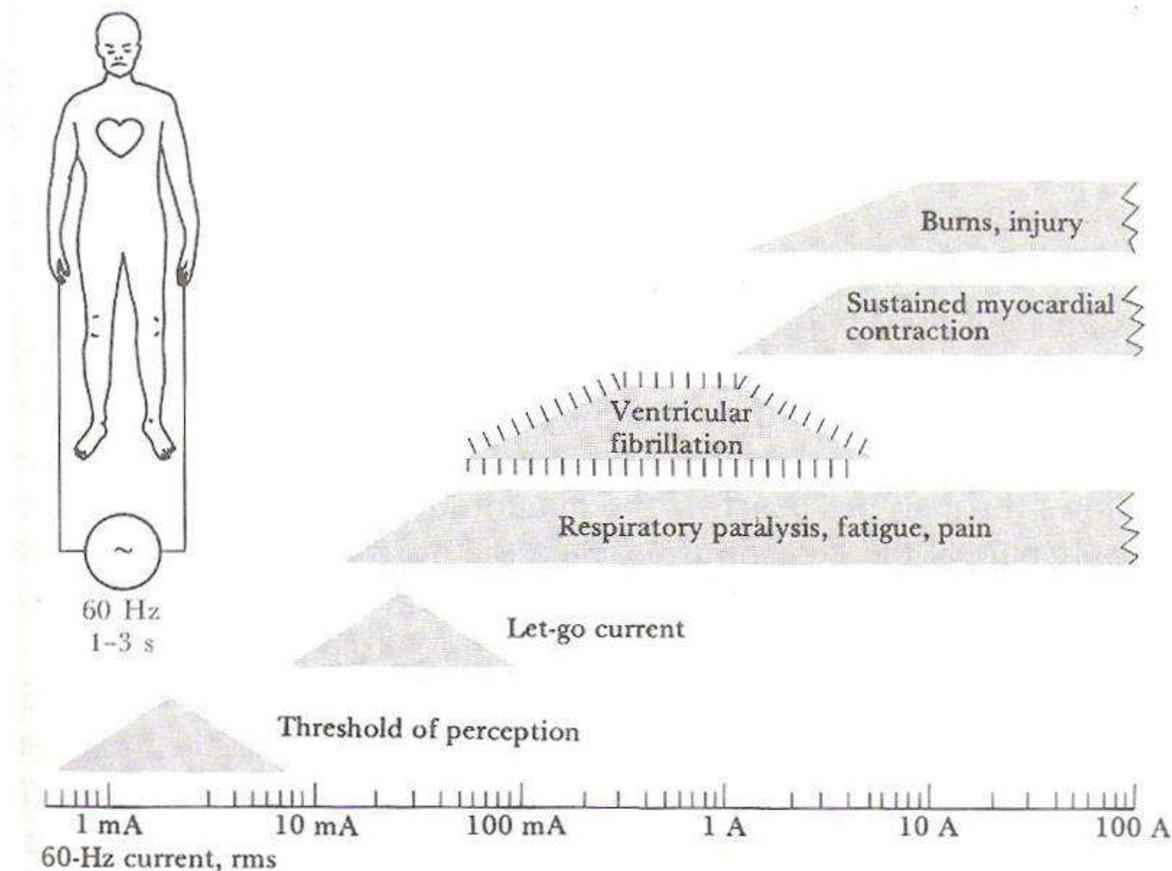
DIREZIONE DELLA CORRENTE

<i>Percorso</i>	<i>Fattore di percorso(F)</i>	
Mani – Piedi	1	
Mano sn – Piede sn	1	
Mano sn – Piede dx	1	
Mano sn – Piedi	1	
Mano sn - Mano dx	0,4	
Mano sn – Dorso	0,7	
<u>Mano sn – Torace</u>	1,5	
Mano dx – Piede sn	0,8	
Mano dx– Piede dx	0,8	
Mano dx – Piedi	0,8	
Mano dx – Dorso	0,3	
<u>Mano dx– Torace</u>	1,3	
Glutei - mano sn o dx	0,7	

PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY

- Body (tissue) becoming a part of an electrical circuit
- The amount (amplitude) of electricity often depends on the ratio of voltage present and the sum of all (serially connected) impedance
- Usually, the highest impedance is the impedance of the skin
- The consequence of current flow:
 - nerve and/or muscle tissue stimulation
 - heating of tissues (a result of tissue resistance)
 - burns

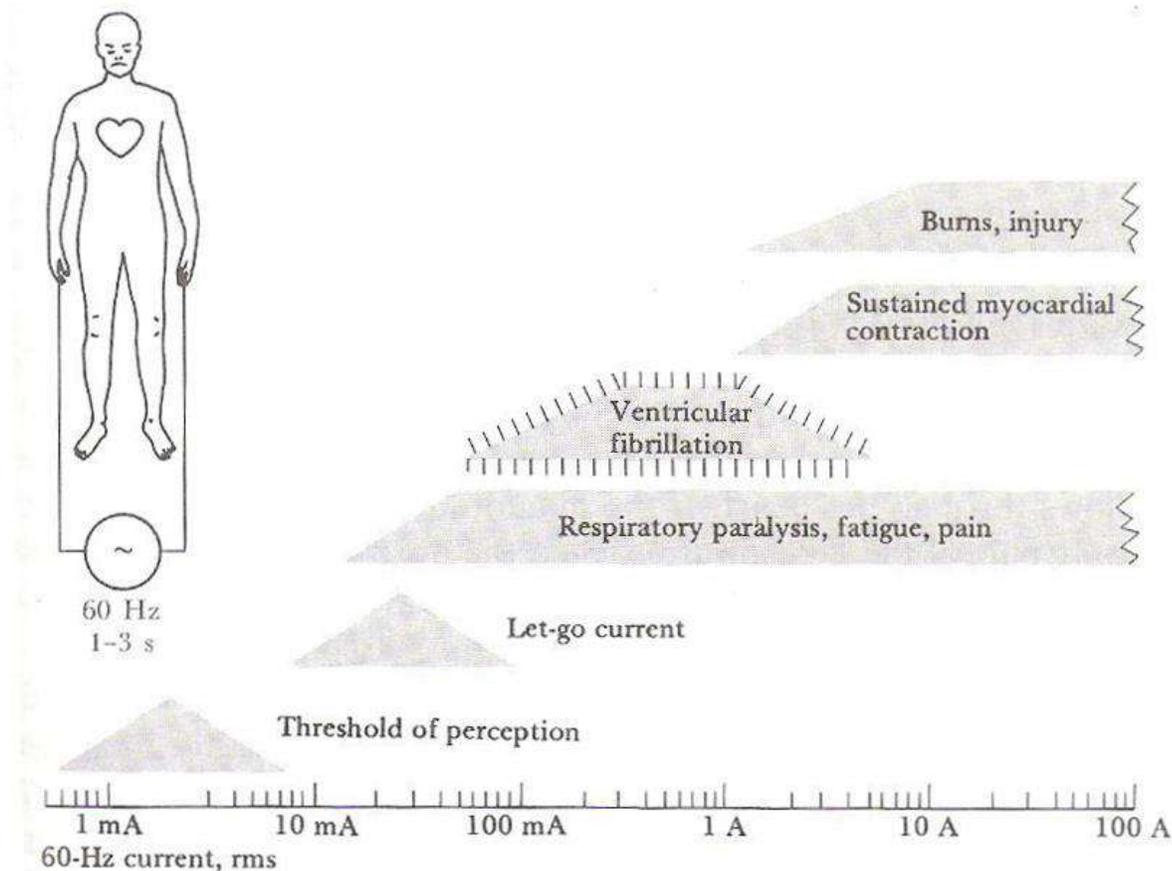
PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY



Further consideration are based on the following parameters

- Human body with contact to el. circuit at left and right hand
- Body weight: 70 kg
- Applied current time: 1 s to 3 s
- Current frequency: 60 Hz

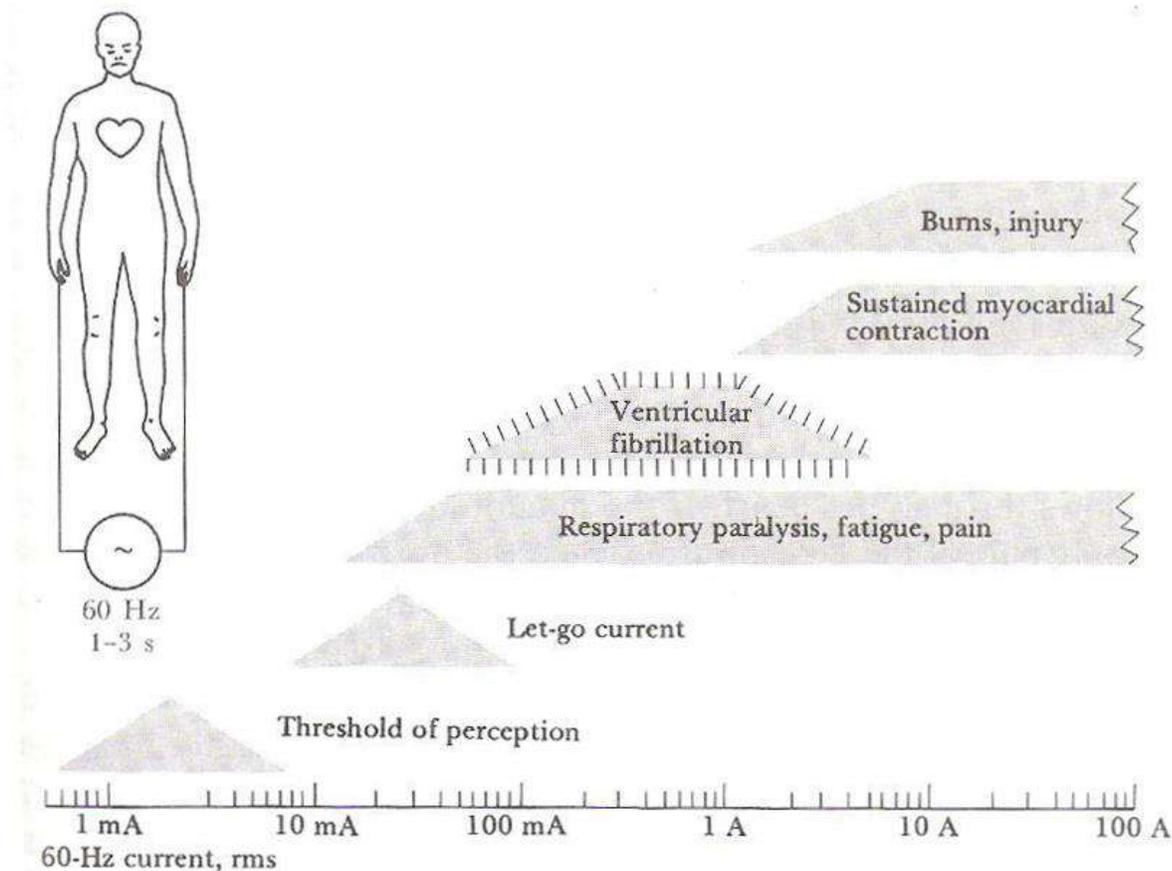
PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY



THRESHOLD OF PERCEPTION

- Current density is just large enough to excite nerve endings in the skin
- Subject feels tingling sensation
- Lowest values with moistened hands (decreases contact resistance):
 - 0.5 mA at 60 Hz
 - 2 mA to 10 mA DC
 - The subject might feel a slight warming

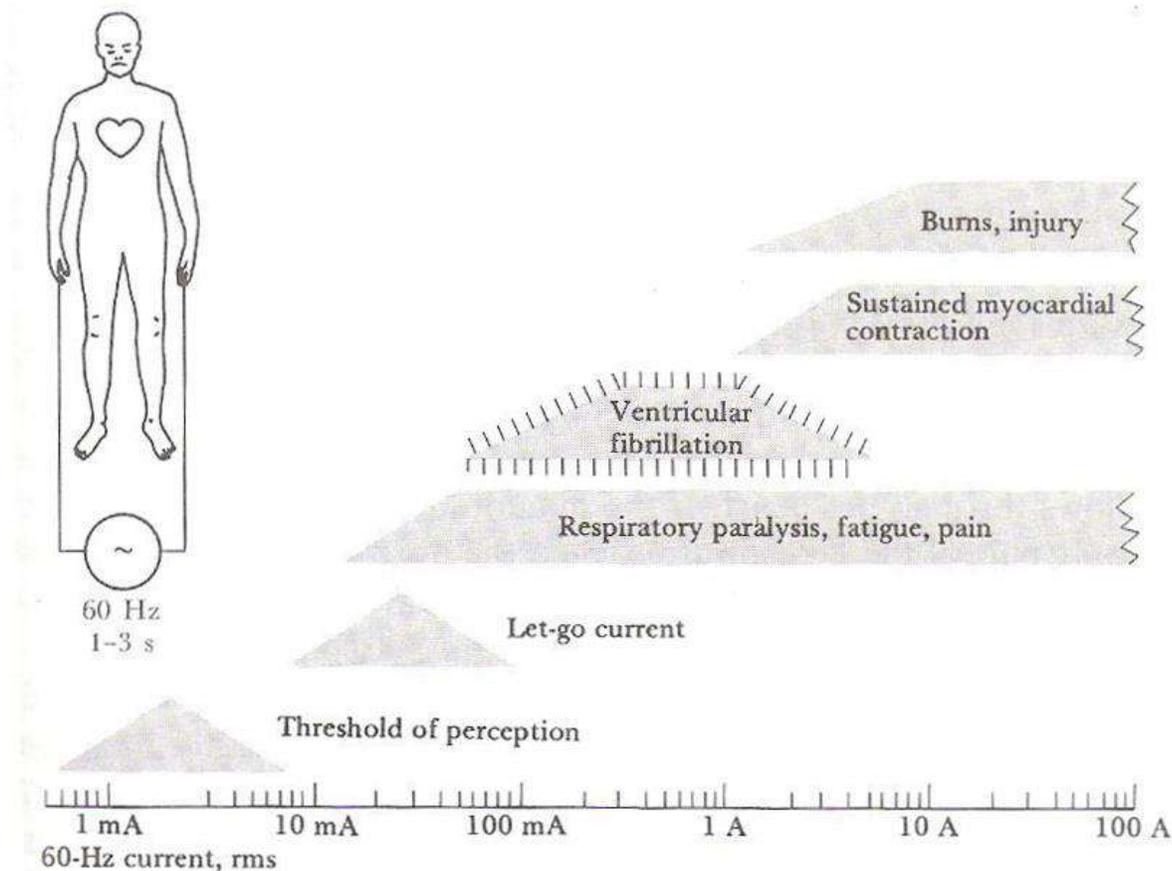
PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY



LET-GO CURRENT •

- The let-go current is defined as the maximal current at which the subject can withdraw voluntarily
- For higher current nerves and muscles are vigorously stimulated
- Involuntary contraction or reflex withdrawals may cause secondary physical injuries (falling off the ladder)
- The minimal threshold for the let-go current is 6 mA

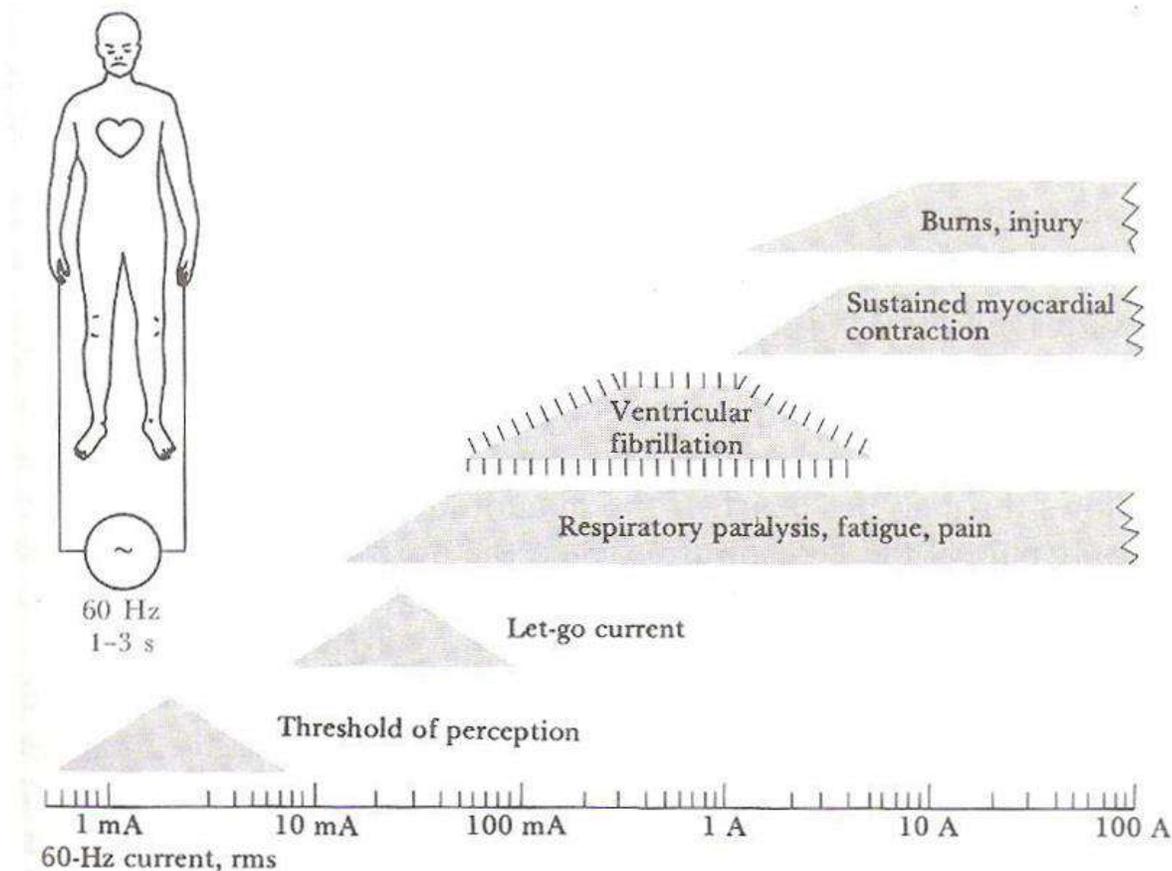
PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY



RESPIRATORY PARALYSIS, PAIN, FATIGUE

- Higher current causes involuntary contraction of muscles and stimulation of nerves what can lead to pain and cause fatigue
- Example: stimulation of respiratory muscles lead to involuntary contraction with the result of asphyxiation if current is not interrupted
- Of course, today's ethics commission would never allow these experiments on human beings.

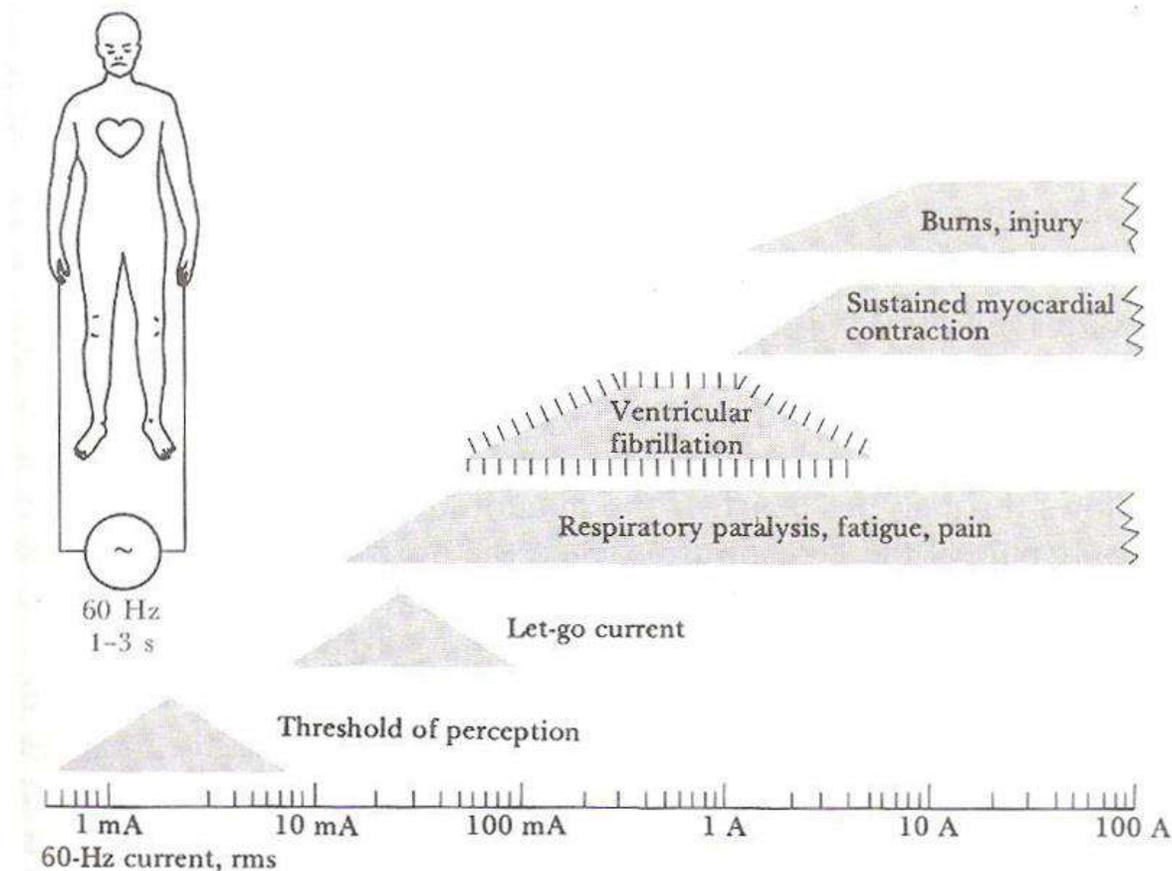
PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY



VENTRICULAR FIBRILLATION

- The heart is especially susceptible to electric current.
- Just 75 mA can rapidly disorganize the cardiac rhythm and death occurs within minutes
- Only a brief high-current pulse from a defibrillator can depolarize all the cells of the heart muscle simultaneously
- Within the U.S. occur approximately 1,000 death per year due to cord-connected appliances

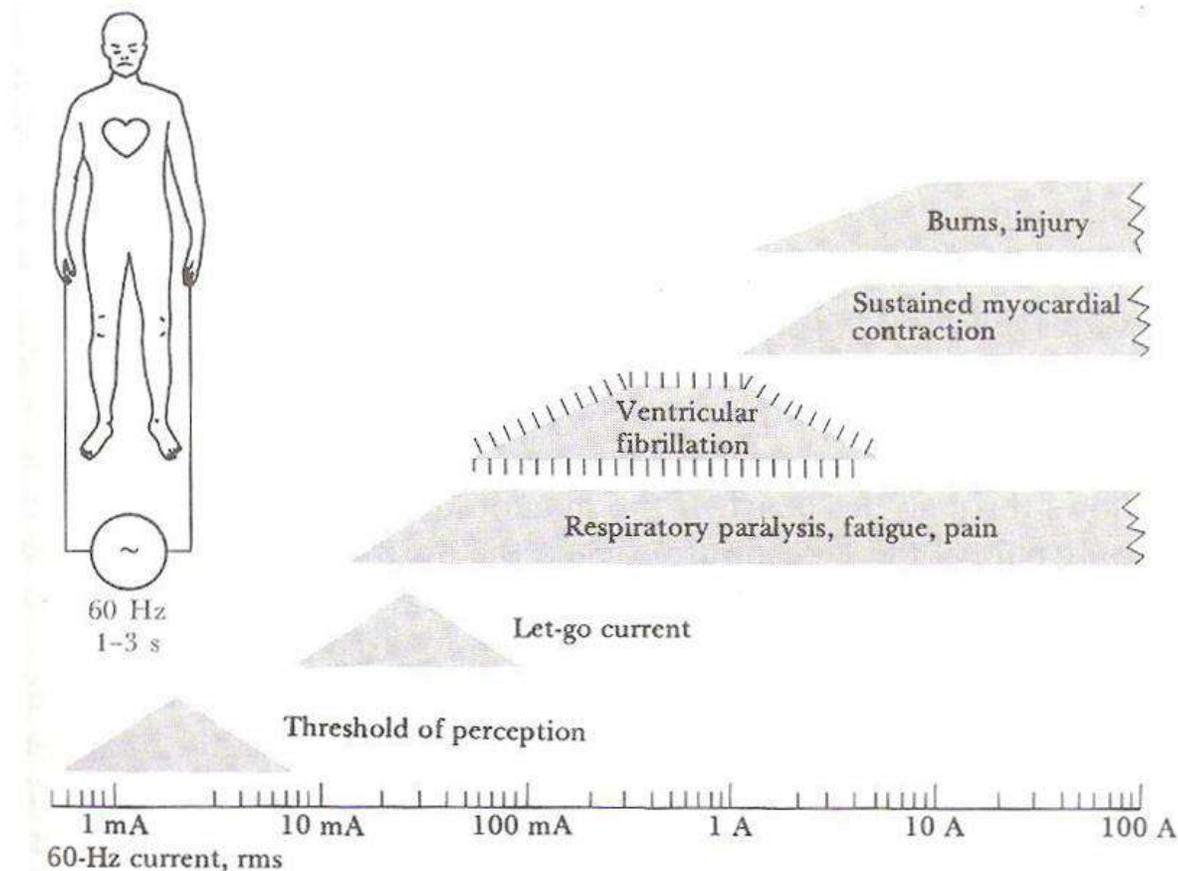
PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY



SUSTAINED MYOCARDIAL CONTRACTION

- When current is high enough to stimulate the entire heart muscle, it stops beating
- Usually the heart-beat ensues when the current is interrupted
- Minimal currents range from 1 A, like used in defibrillators

PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRICITY

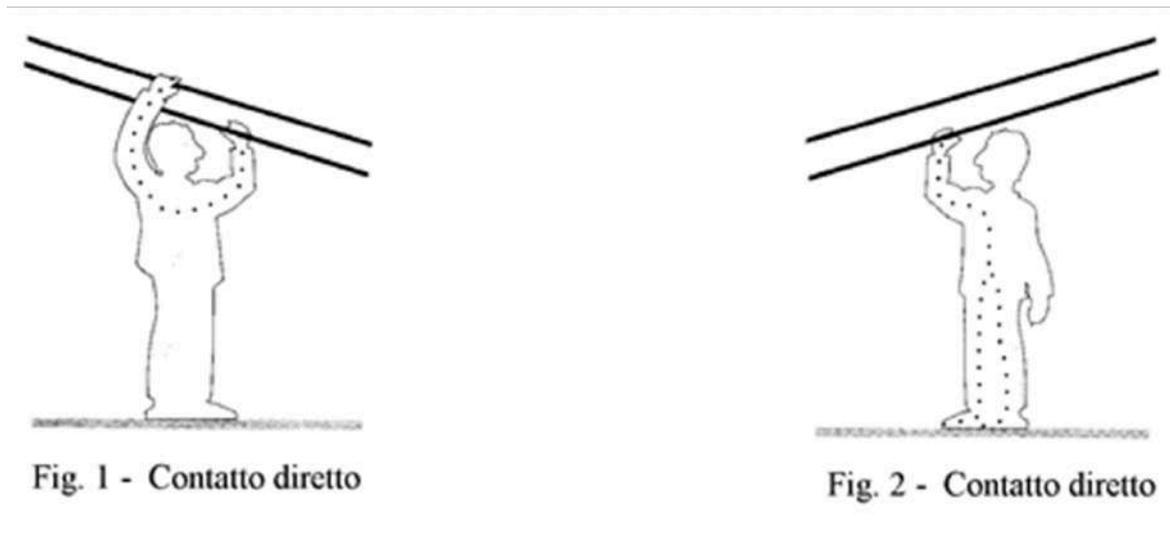


BURNS AND PHYSICAL INJURY

- Resistive heating cause burns
- Current can puncture the skin
- Brain and nerve tissue may lose all functional excitability
- Simultaneously stimulated muscles may contract strong enough to pull the attachment away from the bone or break the bone

DIRECT CONTACT

The term refers to a person's contact with a part of the electrical system that is normally active, ie under voltage. For example the contact between two conductors of different polarity (figure 1) or the contact between a phase conductor and the earth (figure 2).



INDIRECT CONTACT

Indirect contact refers to a person coming into contact with any part of a electric circuit which is not normally not live, but has become live due to an accidental insulation failure or some other fault. For example, contact with metal parts with defective insulation (figure 3) or by electrical discharge.

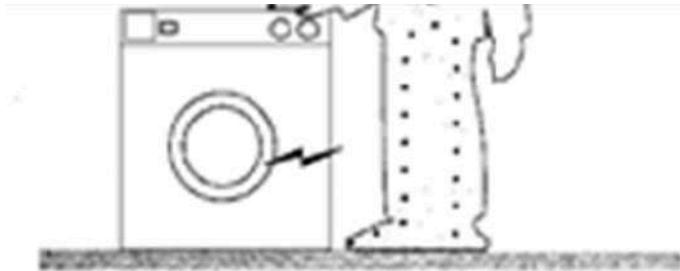
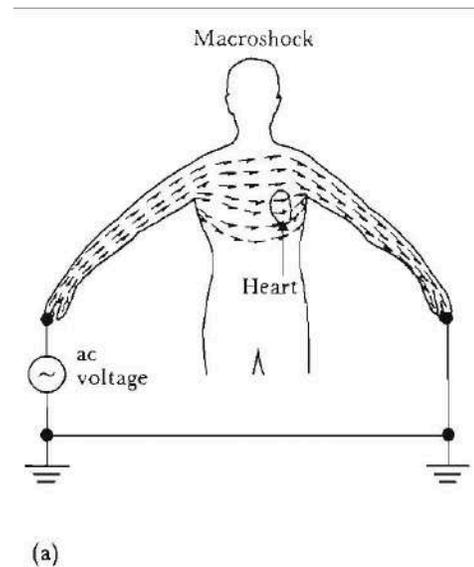
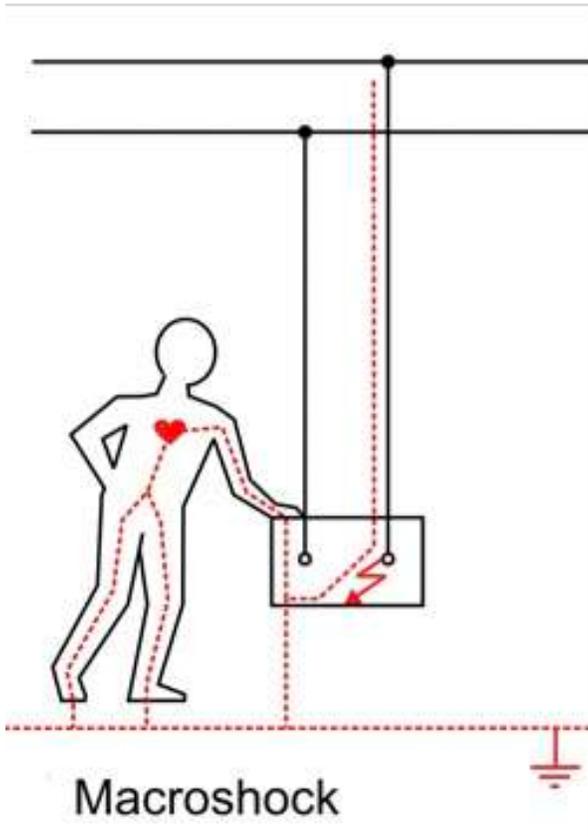


Fig. 3 - Contatto indiretto



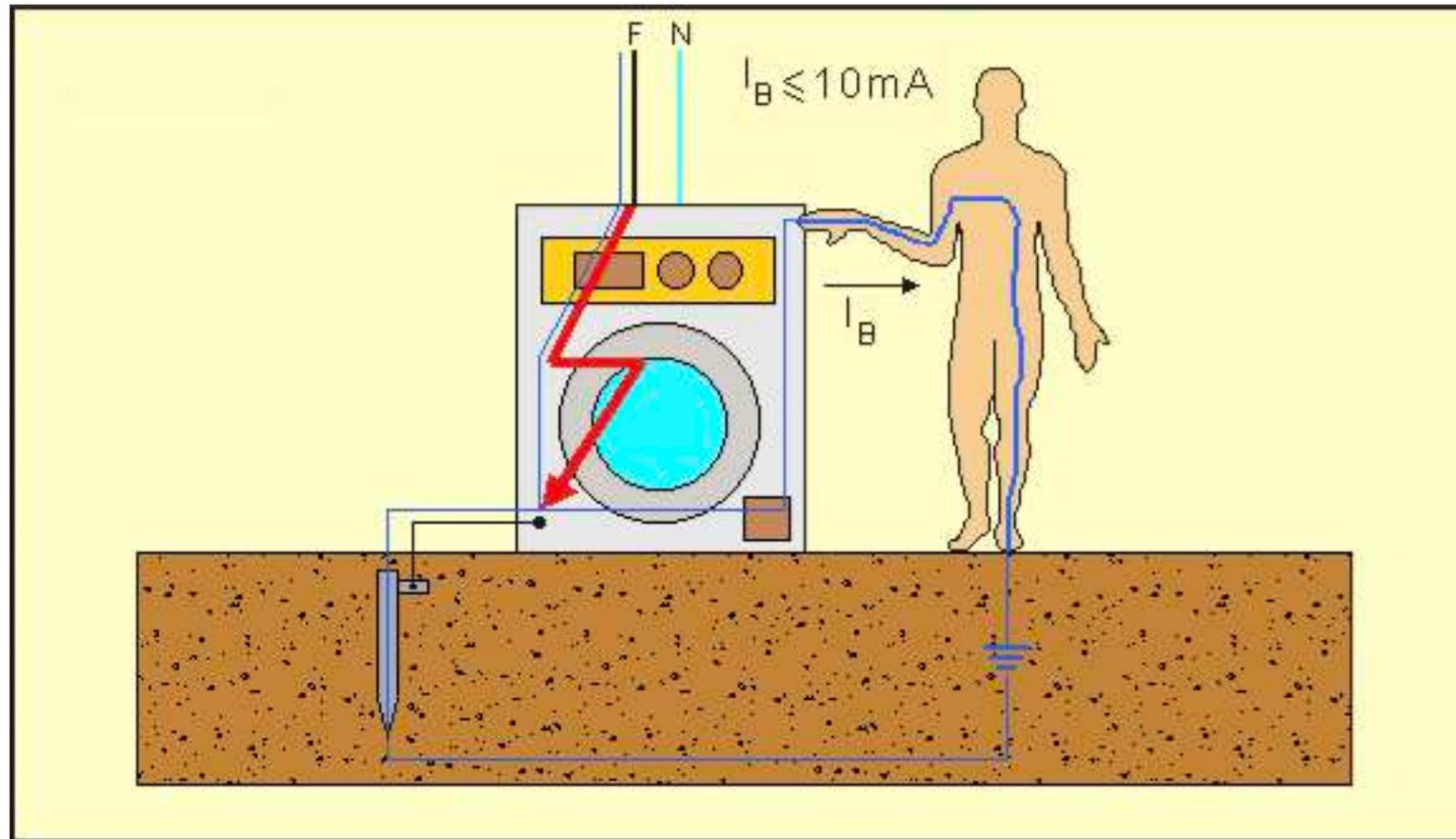
Fig. 4 - Contatto indiretto

MACROSHOCK



The condition of **macroshock** occurs when there is a passage of current in the person due to the contact between an accidentally live part and a part of the human body. The current passes through the body affecting a large section but only a small part flows through the heart. The risk of the heart entering ventricular fibrillation is minimal

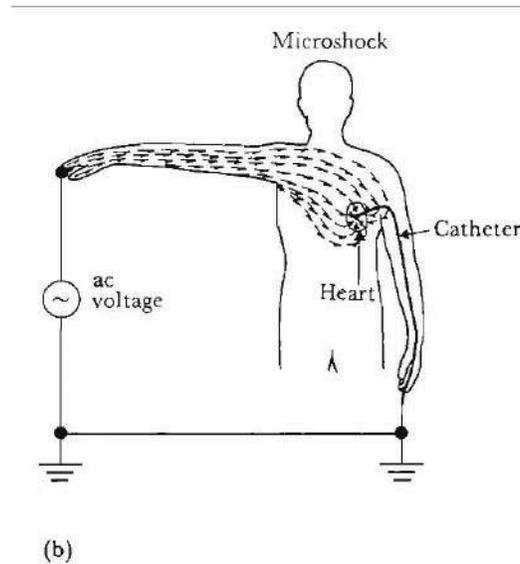
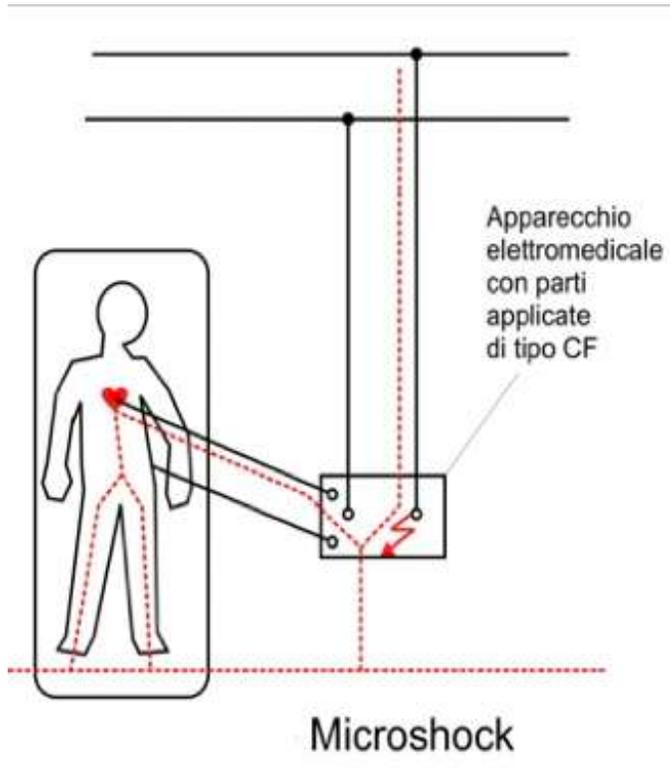
MACROSHOCK



$$I_B \leq 10 \text{ mA}$$

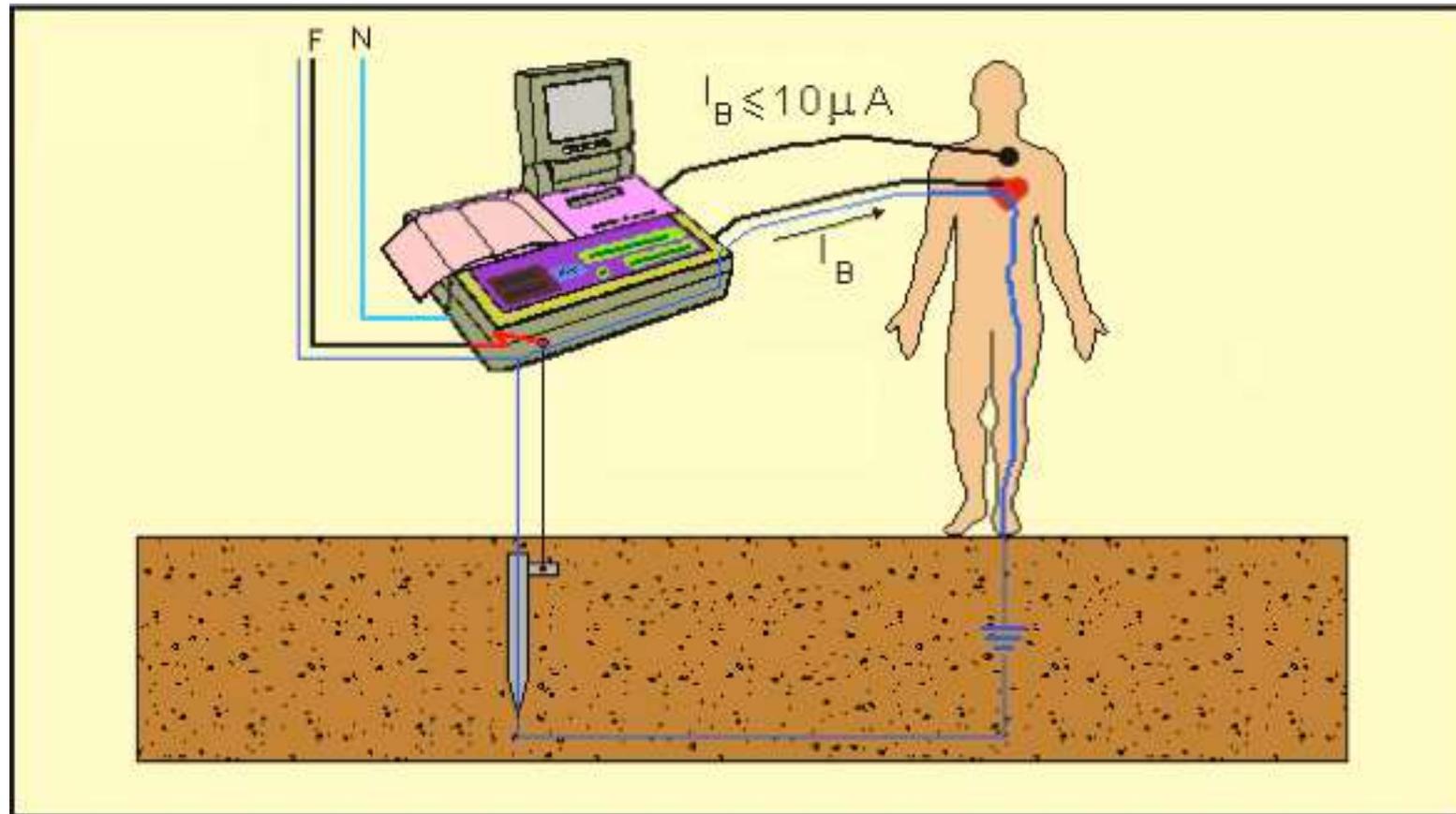
The current flows, for the most part, through a large section of the body and only a small portion of it can directly affect the heart (low current density in the heart muscle).

MICROSHOCK



The risks increase when the patient is subjected to medical surgical practices involving cardiac catheterization procedures or, more simply, the application of probes or electrodes near the heart. We no longer speak of macroshock but of microshock because the current, largely through the heart, introduces a disturbance to the electrophysiological equilibrium of the cardiac activity which makes the probability of ventricular fibrillation very high.

MICROSHOCK

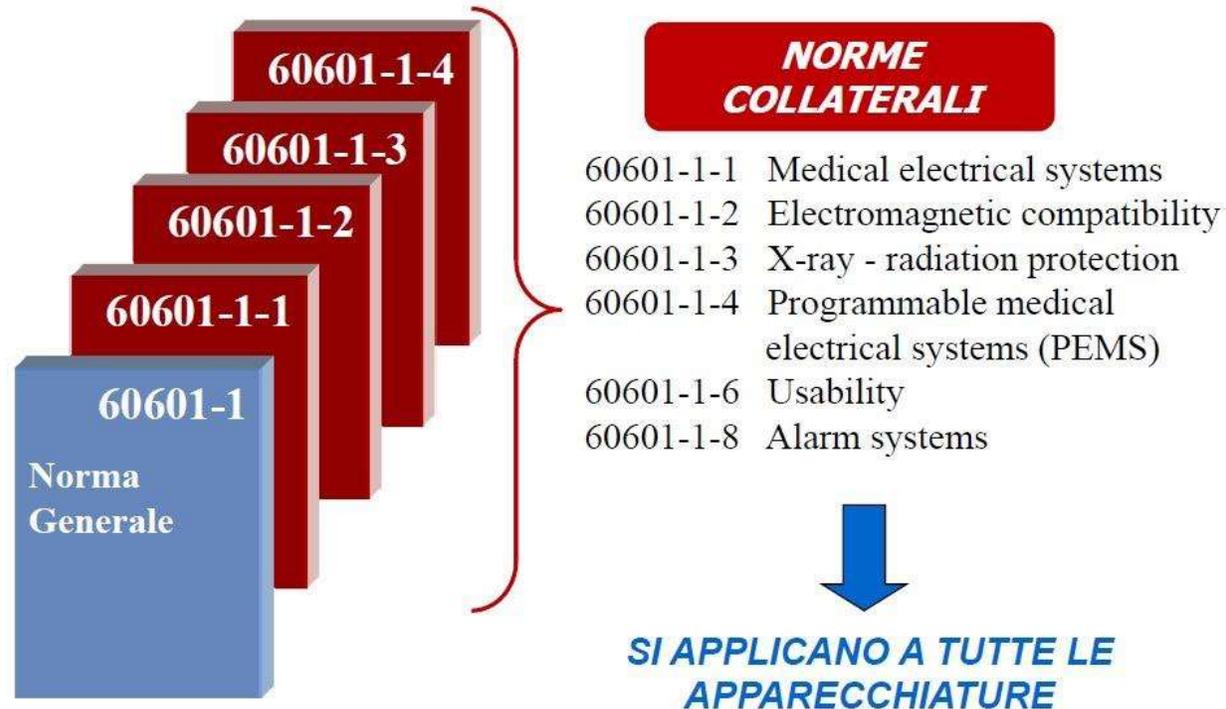


$$I_B \leq 10 \mu A$$

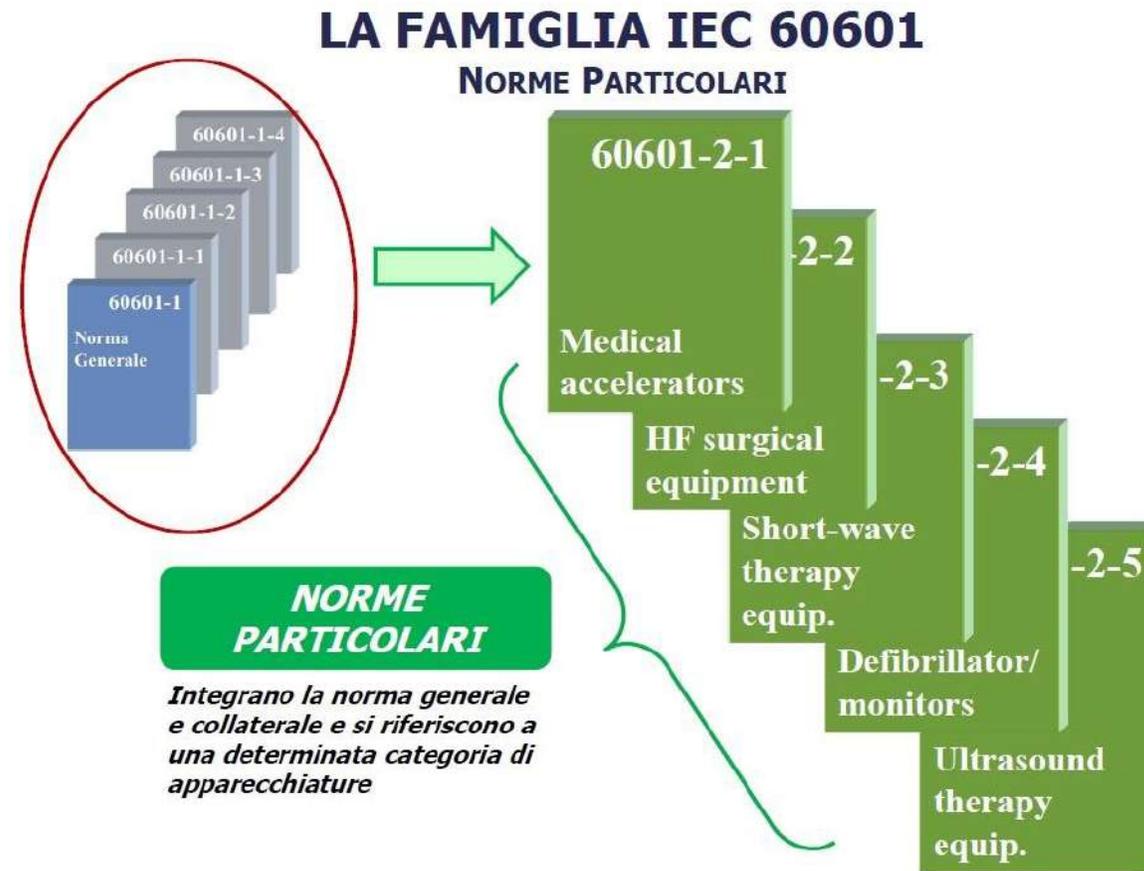
In this case the current flows entirely or mostly through the heart which is then affected by a high current density

LEGAL FRAMEWORK

LA FAMIGLIA IEC 60601 NORME COLLATERALI



LEGAL FRAMEWORK



EXAMPLE

60601-1 Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance.

60601-1-1 General Requirements for Safety - Collateral Standard: Safety Requirements for Medical Electrical Systems

60601-1-2 Medical electrical equipment - Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral Standard: Electromagnetic disturbances - Requirements and tests

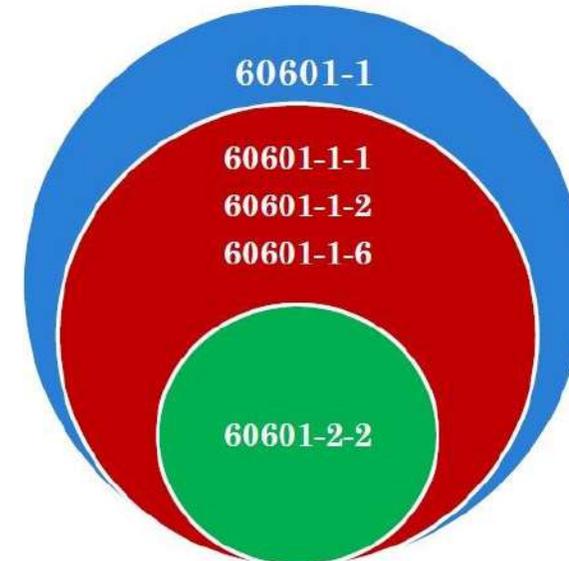
60601-1-6 Medical electrical equipment - Part 1-6: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral standard: Usability

60601-2-2 Particular requirements for the basic safety and essential performance of high frequency surgical equipment and high frequency surgical accessories

LA FAMIGLIA IEC 60601

ESEMPIO

ELETTROBISTURI



**NORMA
GENERALE**

**NORME
COLLATERALI**

**NORMA
PARTICOLARE PER
ELETTROBISTURI**

WHAT IS AN ELECTRICAL MEDICAL DEVICE?

3.63

Electrical equipment, designed for treatment, monitoring or diagnoses of patients,

- powered from **not more than one connection to mains supply**
- and which are **necessarily in physical or electrical contact with the patient**
- or transfers energy to or from the patient or detects such energy transfer to or from the patient.



Apparecchi elettromedicali



LEAKAGE CURRENTS

CORRENTE DI DISPERSIONE: corrente che non ha uno scopo funzionale.

CORRENTE DI DISPERSIONE VERSO TERRA

corrente fluente dalla parte collegata alla rete verso il conduttore di protezione attraverso o lungo l'isolamento.

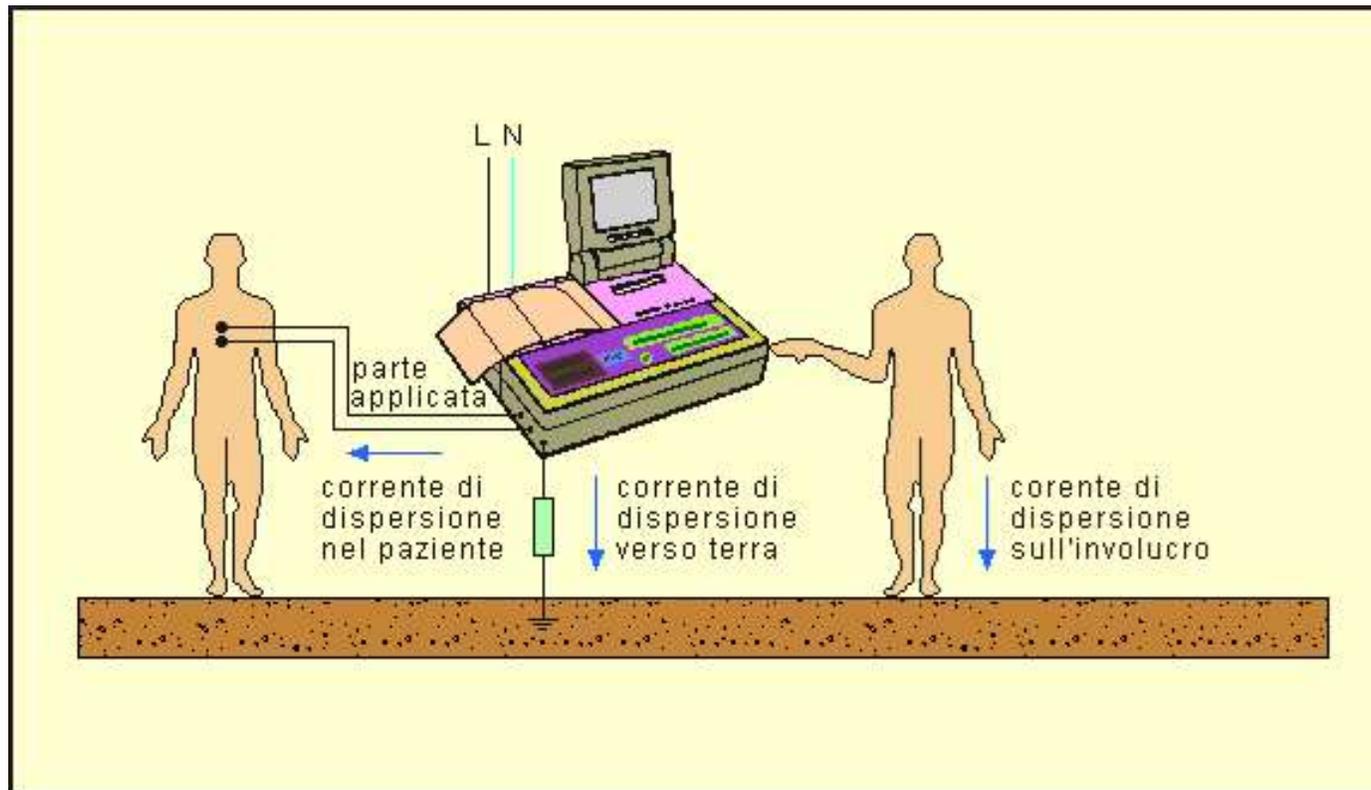
CORRENTE DI DISPERSIONE SULL'INVOLUCRO

corrente fluente dall'involucro, o parte dell'involucro, escluse le parti applicate, accessibile all'operatore o al paziente in uso ordinario, attraverso un conduttore esterno diverso dal conduttore di protezione.

CORRENTE DI DISPERSIONE NEL PAZIENTE

Corrente fluente dalla parte applicata al paziente verso terra, o fluente dal paziente verso terra attraverso una parte applicata di tipo F a causa del verificarsi non intenzionale sul paziente di una tensione dovuta ad una sorgente esterna.

LEAKAGE CURRENTS



OTHER DEFINITIONS

CORRENTE FUNZIONALE NEL PAZIENTE

corrente fluente nel paziente nell'impiego usuale tra elementi della parte applicata e destinata a produrre un effetto fisiologico, per esempio la corrente necessaria alla stimolazione nervosa e muscolare, alla stimolazione cardiaca, alla defibrillazione e alle procedure chirurgiche ad alta frequenza.

CORRENTE AUSILIARIA NEL PAZIENTE

corrente che circola nel paziente nell'uso normale, tra una qualsiasi connessione paziente e tutte le altre connessioni paziente e non destinata a produrre effetto fisiologico (esempio corrente di polarizzazione di un amplificatore correnti utilizzate in pletismografia).

CLASSE E TIPO DI APPARECCHIATURE

La Norma distingue gli apparecchi elettromedicali in base:

- alla protezione dai contatti diretti ed indiretti (CLASSE)
- al grado di protezione dai contatti diretti ed indiretti delle loro parti applicate (TIPO)

ELECTRICAL CLASSIFICATION OF EM

All electrical equipment is categorized into classes according to the method of protection against electric shock that is used.

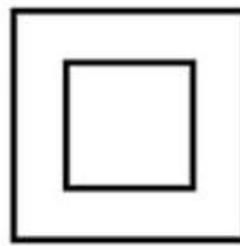
CLASS I

CLASS II

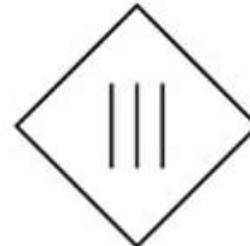
CLASS III



CLASS I (1)



CLASS II (2)



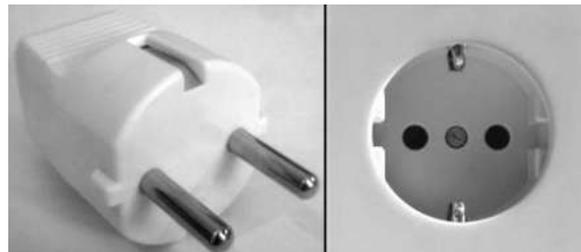
CLASS III (3)

CLASS I

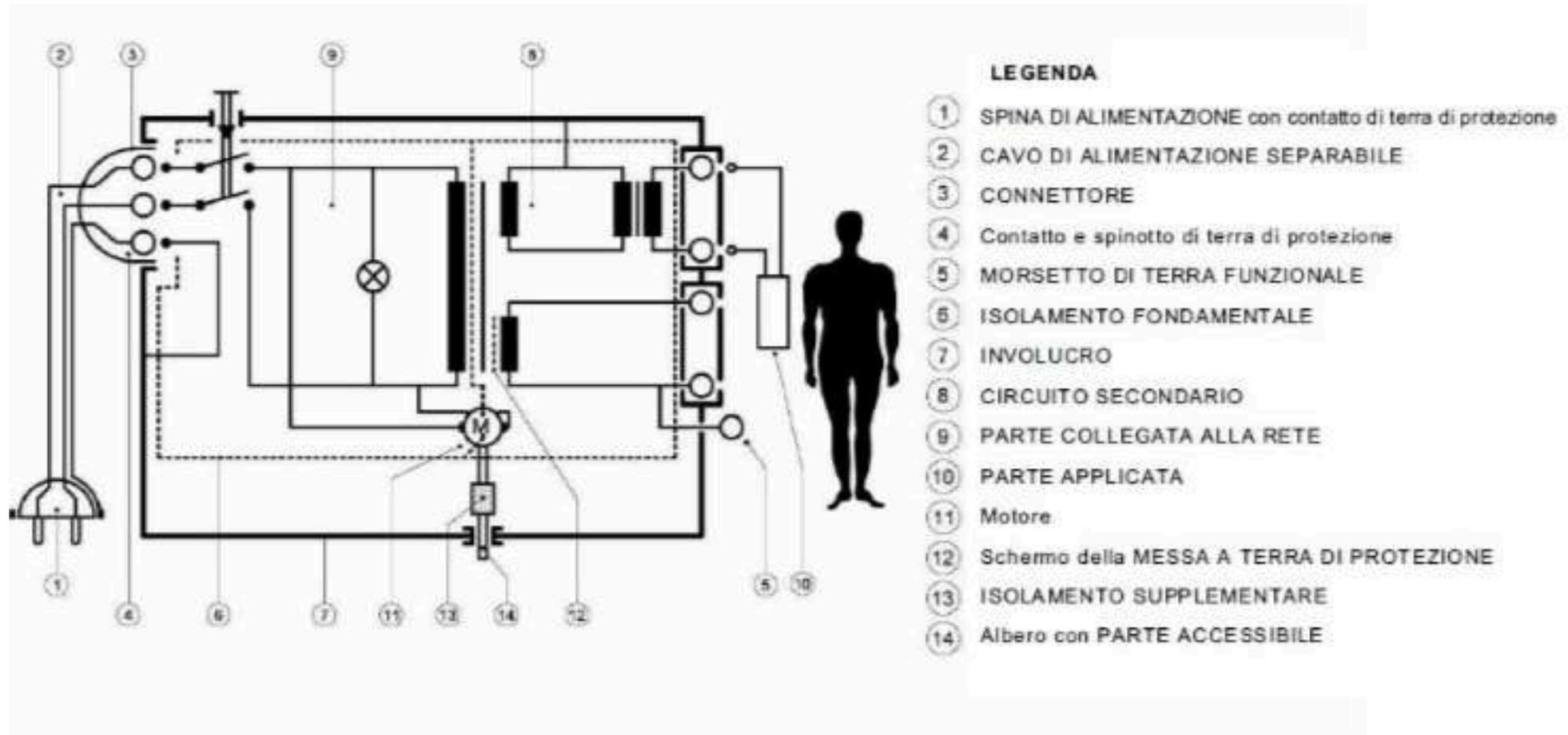
APPARECCHIATURA DI CLASSE I: apparecchio elettrico in cui la protezione contro lo shock elettrico non si basa esclusivamente sull'isolamento fondamentale, ma che adotta misure supplementari di sicurezza, in modo che le parti accessibili di metallo o le parti interne di metallo siano protettivamente messe a terra.

- Esempi di apparecchi di questo tipo sono [lavatrici](#), [lavastoviglie](#), forni elettrici, ecc.; sono riconoscibili per avere una [spina](#) a 3 contatti.

BASIC INSULATION + PERMANENT CONNECTION OF THE PROTECTIVE EARTH CONDUCTOR AND OF THE METALLIC PARTS



CLASS I



CLASS II

APPARECCHIATURA DI CLASSE II: apparecchio elettrico in cui la protezione contro lo shock elettrico non si basa esclusivamente sull'isolamento fondamentale, ma anche su misure supplementari di sicurezza, come il doppio isolamento o l'isolamento rinforzato, in cui non è prevista la messa a terra di protezione, oppure la sicurezza non dipende dalle condizioni d'installazione.

Sono costruiti in modo che un singolo guasto non possa causare il contatto con tensioni pericolose da parte dell'utilizzatore. Ciò è ottenuto in genere realizzando l'involucro del contenitore in materiali isolanti, o comunque facendo in modo che le parti in tensione siano circondate da un doppio strato di materiale isolante (isolamento principale + isolamento supplementare) o usando isolamenti rinforzati.

Esempi di questa classe sono il televisore, l'asciugacapelli, le radio, videoregistratori e DVD, la maggior parte delle lampade da tavolo.

BASIC INSULATION + DOUBLE OR REINFORCED INSULATION

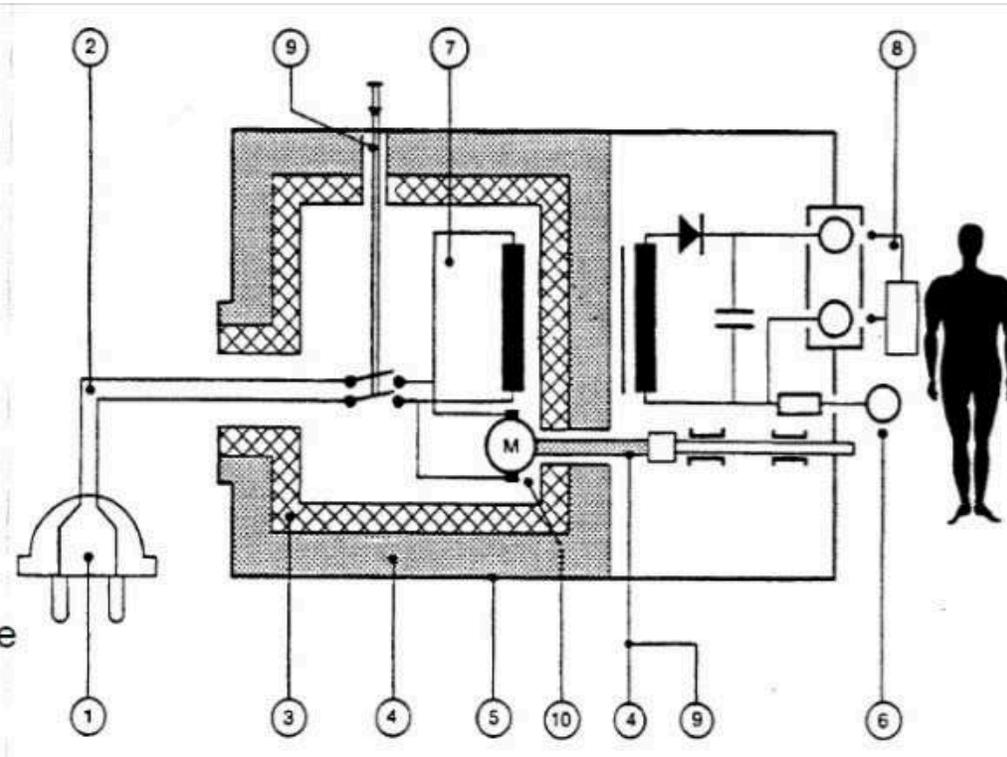


Class II



CLASS II

- 1) Spina d'alimentazione
- 2) Cavo d'alimentazione
- 3) Isolamento fondamentale
- 4) Isolamento supplementare
- 5) Involucro
- 6) Morsetto di terra funzionale
- 7) Parte collegata alla rete
- 8) Parte applicata
- 9) Isolamento rinforzato
- 10) Motore con albero accessibile



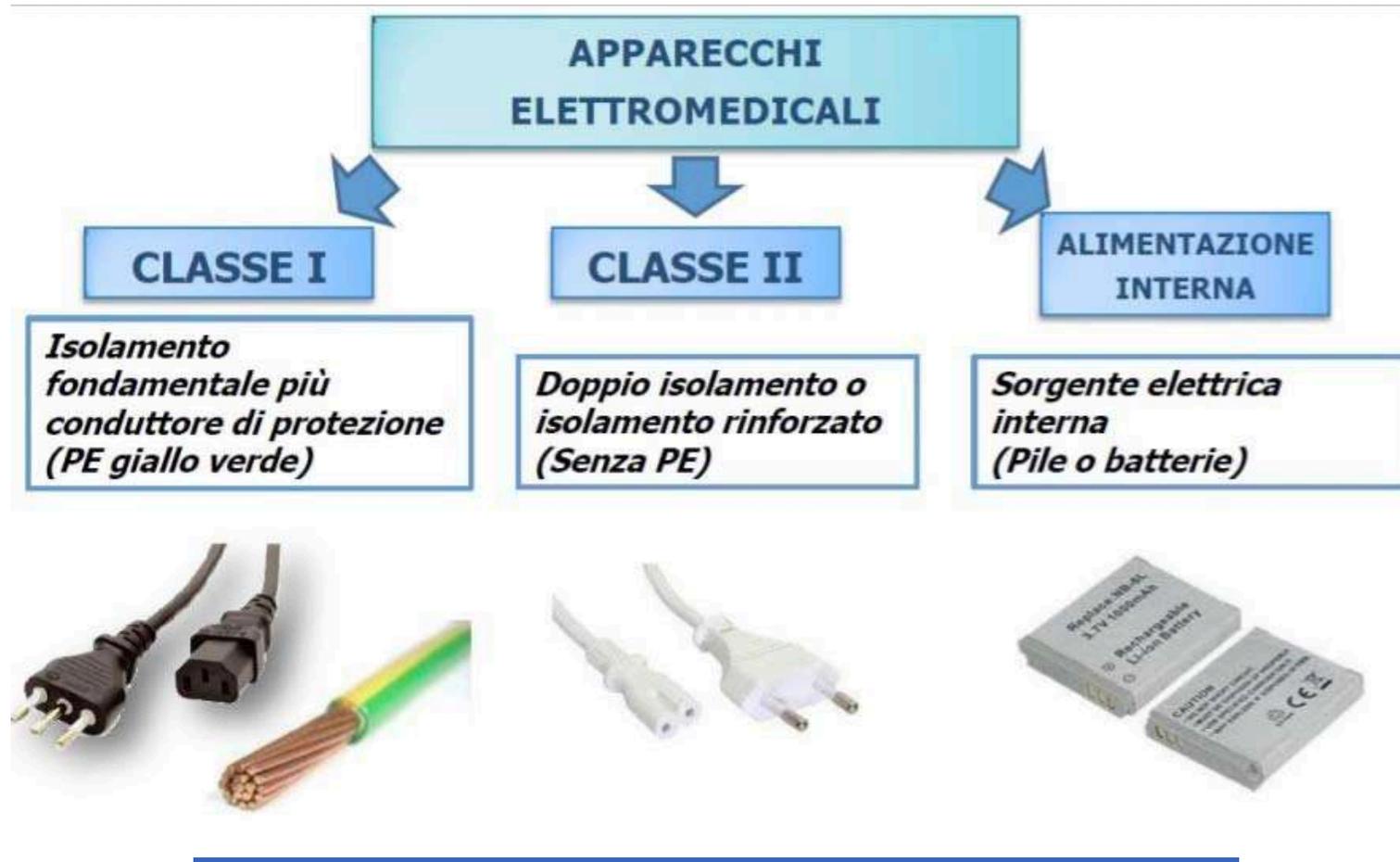
CLASS III

- Un apparecchio viene definito di classe III quando la protezione contro la folgorazione si affida al fatto che non sono presenti tensioni superiori alla bassissima tensione di sicurezza SELV (*Safety Extra-Low Voltage*). In pratica tale apparecchio viene alimentato o da una batteria o da un trasformatore SELV.
- La tensione prodotta, inferiore ai 25 V_{ac} o 60 V_{dc} , è bassa al punto da non essere normalmente pericolosa in caso di contatto con il corpo umano. Le misure di sicurezza previste per le classi I e II non sono necessarie.
- Gli apparecchi di Classe III non devono essere provvisti di messa a terra di protezione.
- È interessante notare che le norme internazionali IEC (*International Electrotechnical Commission*) relative agli apparecchi elettromedicali non riconoscono gli apparecchi di classe III, poiché la sola limitazione della tensione non è ritenuta sufficiente ad assicurare la sicurezza del paziente. Le norme medicali definiscono una classe AI (alimentazione interna) data da una batteria, che non include un'alimentazione tramite alimentazione con una bassissima tensione di sicurezza.

INTERNALLY POWERED

- **ALIMENTATO DA UNA SORGENTE ELETTRICA INTERNA:** termine che si riferisce ad un apparecchio che è in grado di funzionare quando alimentato da una sorgente elettrica interna.
- **SORGENTE ELETTRICA INTERNA:** sorgente elettrica per il funzionamento dell'apparecchio, che fa parte dell'apparecchio e che genera la corrente elettrica trasformando l'energia da una forma ad un'altra (esempio: chimica, meccanica, solare o nucleare). Una sorgente elettrica interna può essere posta all'interno della parte principale dell'apparecchio, fissata all'esterno, oppure contenuta in un involucro separato.

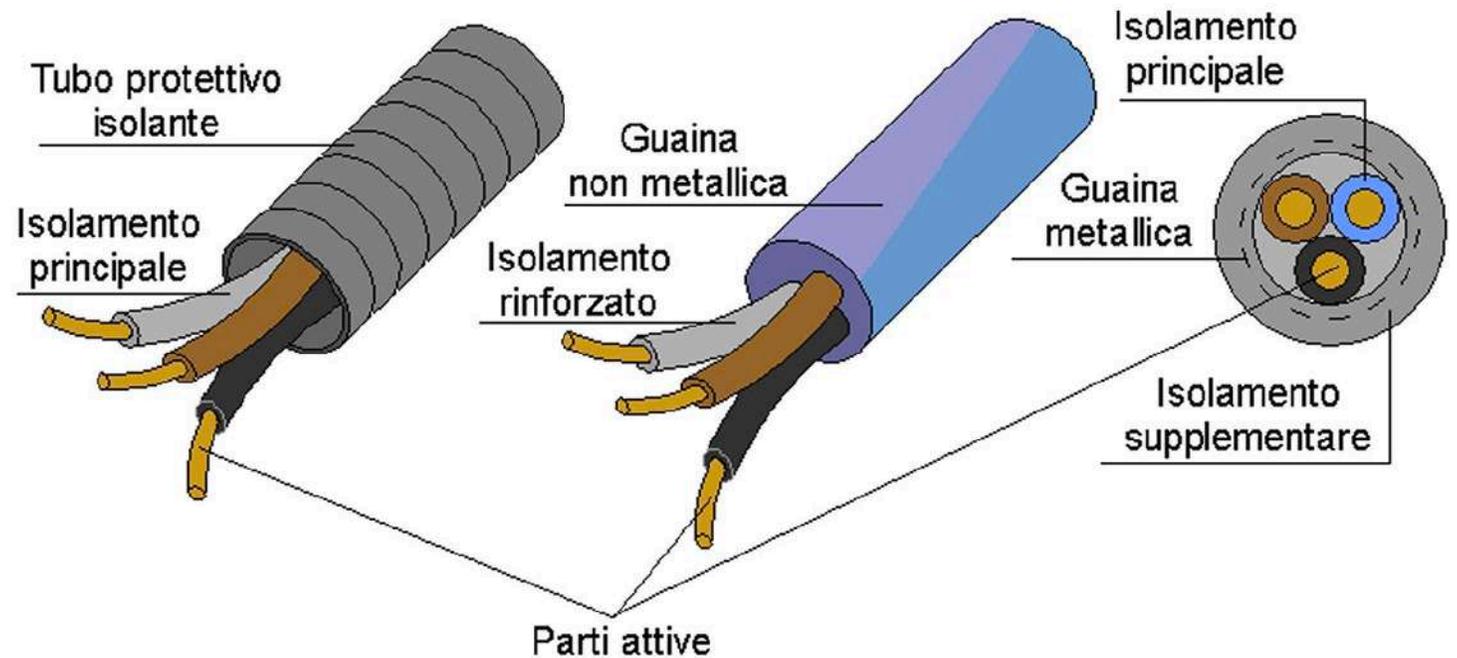
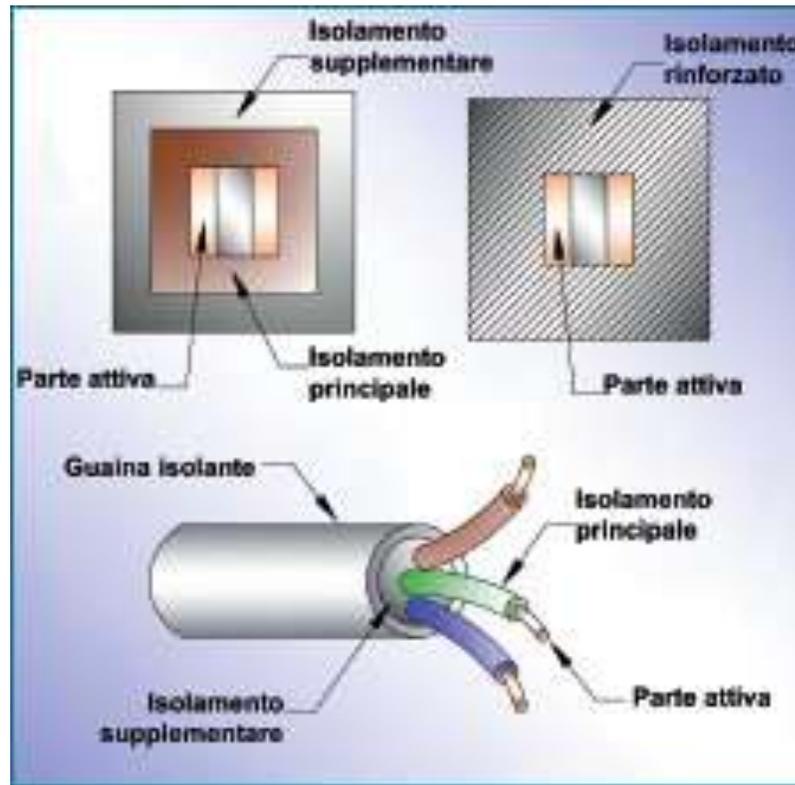
ELECTRICAL CLASSIFICATION OF EM



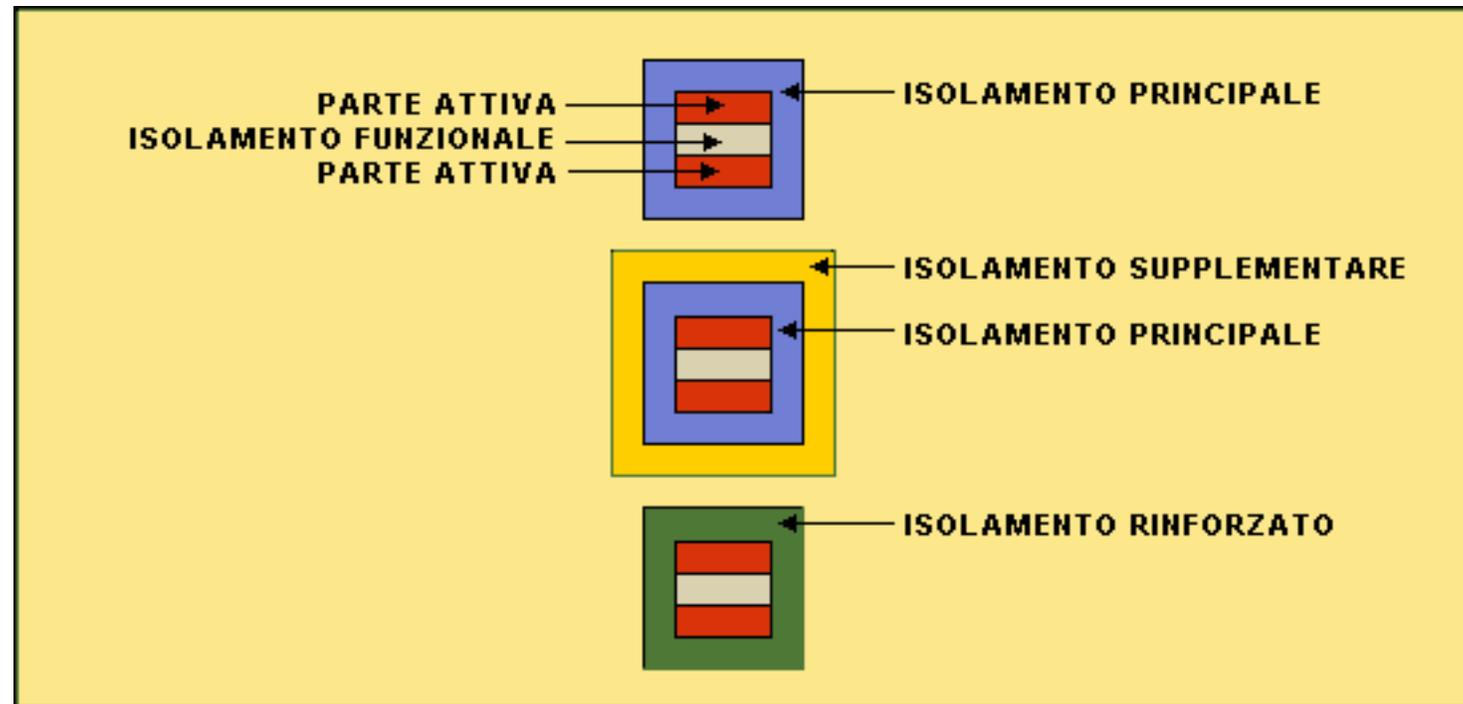
ISOLAMENTO

- **Isolamento funzionale:** isolamento tra le parti attive e tra queste e la carcassa, senza il quale ne sarebbe impedito il funzionamento.
- **Isolamento principale:** isolamento delle parti attive necessario per assicurare la protezione fondamentale contro la folgorazione.
- **Isolamento supplementare:** ulteriore isolamento che si aggiunge al fine di garantire la sicurezza delle persone in caso di guasto all'isolamento principale.
- **Doppio isolamento:** insieme dell'isolamento principale e dell'isolamento supplementare.
- **Isolamento rinforzato:** unico isolamento al posto del doppio isolamento.

ISOLAMENTO



ISOLAMENTO

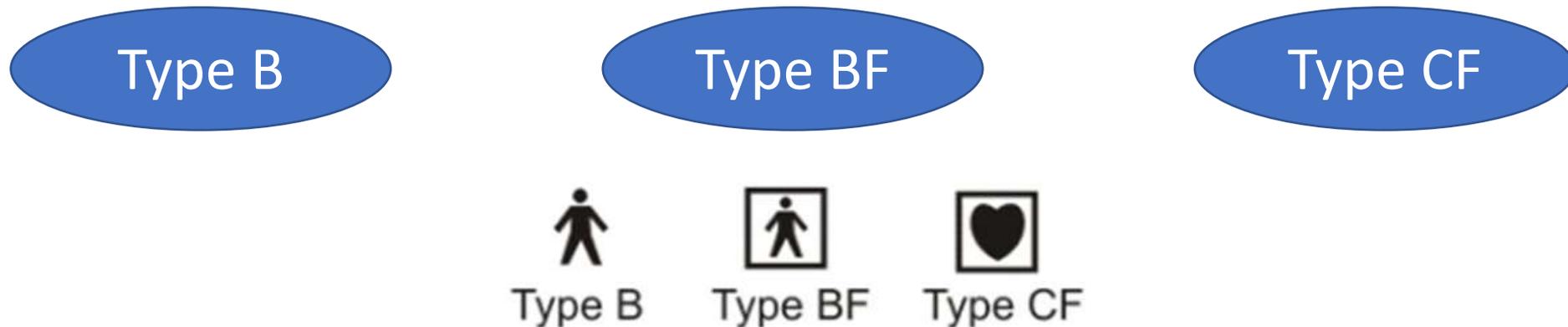


TYPE OF EQUIPMENT

Applied part:

Part of the medical equipment, which is designed to come into physical contact with the patient, or parts that are likely to be brought into contact with the patient.

The degree of protection for medical electrical equipment is defined by the type designation.



PARTE APPLICATE DI TIPO F

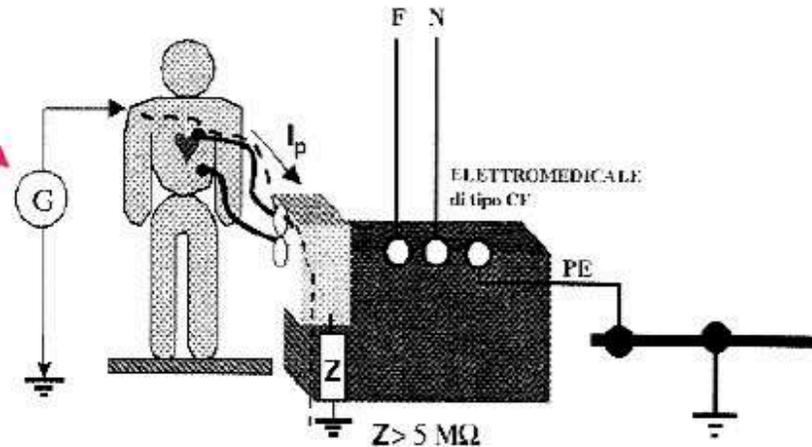
PARTE APPLICATA, nella quale le **CONNESSIONI PAZIENTE** sono isolate dalle altre parti dell'**APPARECCHIO EM**, in modo che quando al **PAZIENTE** viene connessa una tensione non voluta generata da una sorgente esterna, non possa circolare una corrente superiore alla **CORRENTE DI DISPERSIONE NEL PAZIENTE** ammessa tra la **CONNESSIONE PAZIENTE** e la terra.



PARTE APPLICATE DI TIPO F

Gli apparecchi con parte applicata flottante offrono maggior sicurezza, avendo le parti accessibili isolate da terra mediante disaccoppiamento con **elevata impedenza capacitiva**.

Ulteriore apparecchio in dispersione
collegato intenzionalmente al paziente
Con tensione di rete 220V



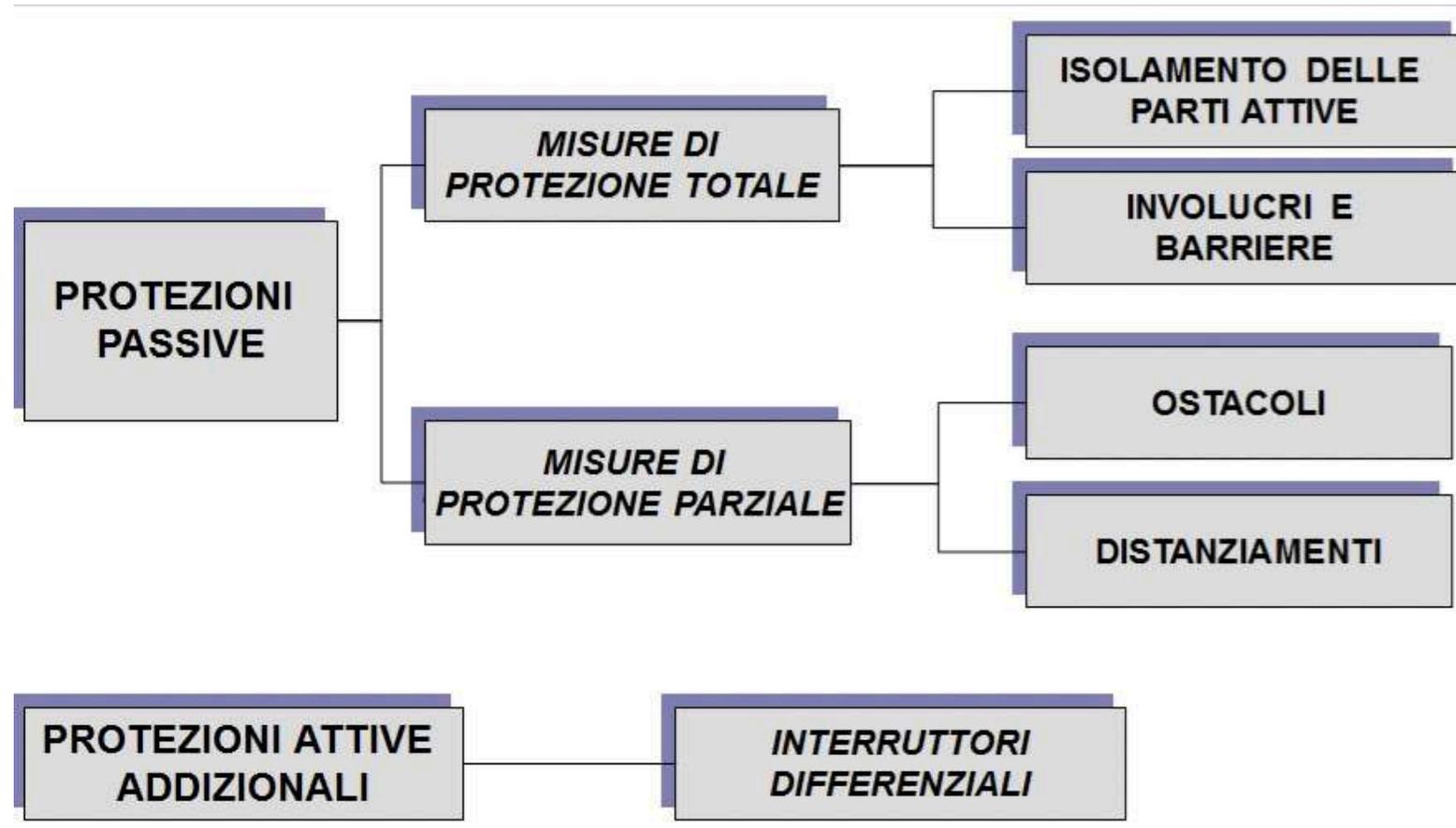
TYPE OF EQUIPMENT

- **Parte applicata di tipo B:** parte applicata conforme alle prescrizioni specificate nella Norma, che fornisce un grado di protezione contro lo shock elettrico con particolare riguardo alla corrente di dispersione nel paziente e alla corrente ausiliaria nel paziente ammissibili.
- **Parte applicata di tipo BF :** parte applicata di tipo F conforme alle prescrizioni specificate nella Norma, che fornisce un più elevato grado di protezione contro lo shock elettrico rispetto a quello fornito dalle parti applicate di tipo B.
- **Parte applicata di tipo CF :** parte applicata di tipo F conforme alle prescrizioni specificate nella Norma, che fornisce un più elevato grado di protezione contro lo shock elettrico rispetto a quello fornito dalle parti applicate di tipo BF. Le parti applicate B e BF non sono adatte per un'applicazione cardiaca diretta. L'applicazione cardiaca diretta è definita come l'impiego di una parte applicata che può trovarsi in collegamento conduttore diretto con il cuore.

CURRENT LIMITS

Leakage Current (mA)	Type B		Type BF		Type CF	
	NC	SFC	NC	SFC	NC	SFC
Earth	0.5	1	0.5	1	0.5	1
Enclosure	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5
Patient	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05
NC = Normal Condition	SFC = Single Fault Condition					

PROTECTION AGAINST DIRECT CONTACT



MISURE DI PROTEZIONE TOTALE

- **Isolamento delle parti attive**

Le parti attive devono essere ricoperte completamente da uno strato di isolante avente spessore adeguato alla tensione nominale verso terra del sistema elettrico ed essere resistenti alle sollecitazioni di carattere meccanico, elettrico, termico ed alle alterazioni chimiche durante il funzionamento. Vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono considerati idonei a garantire un'adeguata protezione contro i contatti diretti.

- **Involucri e barriere**

L'involucro garantisce la protezione dai contatti diretti quando esistono parti attive (ad es. morsetti elettrici) che devono essere accessibili e quindi non possono essere completamente isolate. La barriera è un elemento che impedisce il contatto diretto nella direzione normale di accesso. Questi sistemi di protezione assicurano un certo grado di protezione contro la penetrazione di solidi e di liquidi. Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati e rimovibili solo con l'uso di utensili.

MISURE DI PROTEZIONE PARZIALE

Hanno il compito di proteggere dai contatti accidentali e di realizzare l'allontanamento di parti a tensione diversa simultaneamente accessibili ma non hanno efficacia verso i contatti intenzionali.

- **Ostacoli**

Lo scopo degli **ostacoli** è quello di impedire l'avvicinamento e il contatto non intenzionale della persona con le parti attive dell'impianto sotto tensione; essi devono essere rimossi solo intenzionalmente.

La rete metallica che impedisce l'accesso alla cella di un trasformatore è un esempio di ostacolo.

- **Distanziamento**

Il **distanziamento** deve evitare che parti di impianto a tensione diversa siano accessibili contemporaneamente.

GRADO DI PROTEZIONE IP

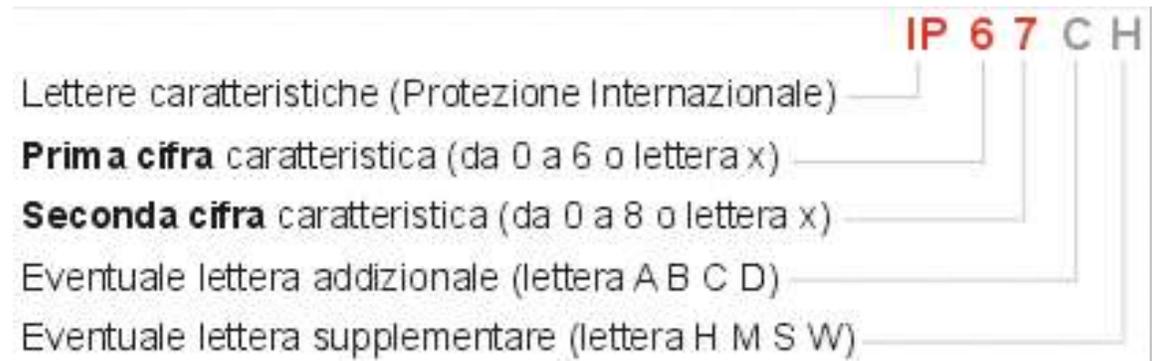
La norma **CEI EN 60529** classifica i gradi di protezione degli involucri per apparecchiature elettriche. Il grado **IP** è indicato con due cifre caratteristiche più eventuali due lettere aggiuntive/supplementari.

la **prima cifra** indica il grado di protezione contro i corpi solidi estranei e i contatti diretti;

la **seconda cifra** contro la penetrazione di liquidi;

la **lettera aggiuntiva** ha lo scopo di designare il livello di inaccessibilità dell'involucro alle dita, oppure ad oggetti impugnati da una persona;

la **lettera supplementare** invece fornisce ulteriori informazioni.



PROTEZIONE DA PARTICELLE SOLIDE

Livello	Definizione	Effetti pratici
IP0X	Non protetto dal contatto e dall'ingresso di oggetti	
IP1X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm	Qualsiasi grande superficie del corpo, come il dorso della mano, ma nessuna protezione contro il contatto intenzionale con una parte del corpo (50 mm). Protetto contro l'accesso con il dorso della mano.
IP2X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	Protetto contro l'accesso con un dito o oggetti simili.
IP3X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm	Protetto contro l'accesso con un attrezzo, grossi cavi, ecc.
IP4X	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	Protetto contro l'accesso con un cavo, viti sottili, grosse formiche ecc.
IP5X	Protetto contro la polvere	Protetto contro l'accesso di polvere o di un filo sottile. L'ingresso di polvere non è completamente impedito, ma non deve entrare in una quantità sufficiente da interferire con il funzionamento soddisfacente dell'apparecchiatura.
IP6X	A tenuta di polvere	Totalmente protetto contro la polvere, sabbia e in generale qualsiasi corpo solido di piccole dimensioni. Nessuna penetrazione di polvere; completa protezione dal contatto (a tenuta di polvere). Deve essere applicato il sottovuoto. Durata del test fino a 8 ore in base al flusso d'aria.

Livello	Resistenza	Dettagli
IPX0	Non protetto	
IPX1	Protetto da caduta verticale di gocce d'acqua	Durata del test: 10 minuti Acqua equivalente a 1 mm di pioggia al minuto
IPX2	Protetto da caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima 15°	Durata del test: 2,5 minuti per ogni direzione di inclinazione (10 minuti totali) Acqua equivalente a 3 mm di pioggia al minuto
IPX3	Protetto dalla pioggia	Con un ugello di nebulizzazione: Durata del test: 1 minuto al metro quadro per almeno 5 minuti ^[3] Volume d'acqua: 10 litri al minuto / Pressione: 50-150 kPa / Con un tubo oscillante: Durata del test: 10 minuti Volume dell'acqua: 0,07 l / min per foro
IPX4	Protetto da spruzzi	Con un tubo oscillante: Durata del test: 10 minuti o ugello di nebulizzazione (uguale al test con ugello di nebulizzazione per IPX3 ma con lo scudo rimosso)
IPX4k	Protezione contro spruzzi d'acqua sotto pressione, vale solo per veicoli stradali	
IPX5	Protetto da getti d'acqua	Durata del test: 1 minuto al metro quadro per almeno 15 minuti Volume d'acqua: 12,5 litri al minuto Pressione: 30 kPa alla distanza di 3 m
IPX6	Protetto da ondate	Durata del test: 1 minuto per metro quadrato per almeno 3 minuti Volume d'acqua: 100 litri al minuto Pressione: 100 kPa alla distanza di 3 m
IPX6k	Protezione contro forti getti d'acqua ad alta pressione (inondazione), vale solo per veicoli stradali	Durata del test: almeno 3 minuti Volume d'acqua: 75 litri al minuto Pressione: 1000 kPa alla distanza di 3 m
IPX7	Protetto da immersione temporanea	Immergibile fino a 1 m di profondità per massimo 30 minuti, non deve presentare condensa o infiltrazioni Durata del test: 30 minuti - rif. IEC 60529, tabella 8. Testato tenendo il punto più basso dell'involucro a 1000 mm sotto la superficie dell'acqua, o il punto più alto a 150 mm sotto la superficie, a seconda di quale sia il più profondo.
IPX8	Protetto da immersione permanente in acqua a 1 m di profondità.	Durata del test: in accordo con il produttore Profondità specificata dal produttore, generalmente fino a 3 m
IPX9	Protetto da immersione permanente in acqua e da getti d'acqua ad alta pressione e alta temperatura	Immergibile ad almeno 5 m di profondità in immersione continua e comunque superiore ad un'ora, resistente a pressioni comprese tra 80 bar e 100 bar in tutte le direzioni
IPX9k	Protezione contro l'acqua nel caso di pulizia a vapore / ed alla pressione, vale solo per veicoli stradali	Durata del test: 30 secondi in ciascuno dei 4 angoli (2 minuti totali) Volume d'acqua: 14-16 litri al minuto Pressione: 8-10 MPa (80-100 bar) alla distanza di 0,10-0,15 m Temperatura dell'acqua: 80 °C

LETTERA ADDIZIONALE

Livello	Effetti
a	Protetto contro l'accesso con il dorso della mano
b	Protetto contro l'accesso con un dito
c	Protetto contro l'accesso con un attrezzo
d	Protetto contro l'accesso con un filo

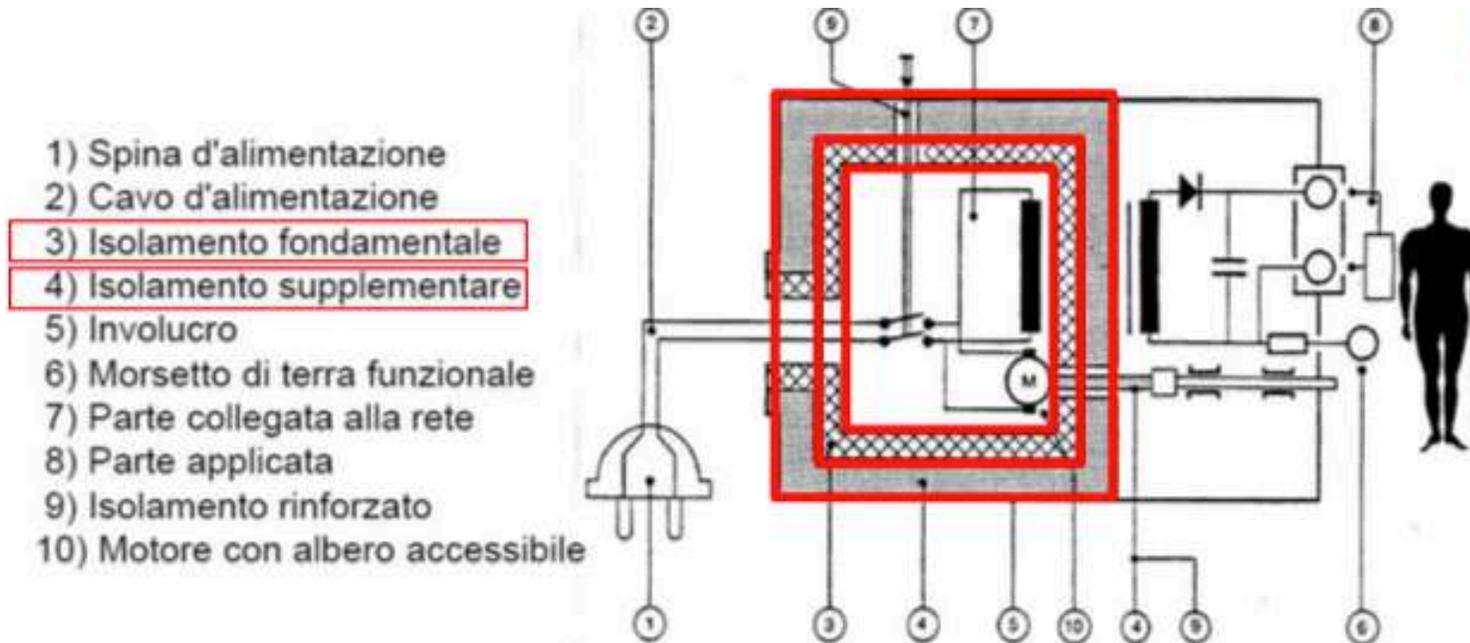
LETTERA SUPPLEMENTARE

Livello	Effetti
h	Apparecchiatura ad alta tensione
m	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura in moto
s	Provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura non in moto
w	Adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRECTI

- Conduttore di protezione
- Doppio isolamento (Classe II)
- Apparecchi con parti applicate di tipo flottante
- Trasformatore di isolamento
- Interruzione automatica dell'alimentazione

APPARECCHIATURE DI CLASSE II



Apparecchio nel quale la protezione contro i contatti indiretti non si basa esclusivamente sull'isolamento fondamentale, ma anche su misure supplementari di sicurezza, come il **doppio isolamento** o l'**isolamento rinforzato**, in cui non è prevista la messa a terra di protezione, oppure la sicurezza non dipende dalle condizioni d'installazione.



PhD student Licia Di Pietro
licia.dipietro@ing.unipi.it



UNIVERSITÀ DI PISA