

FORMAZIONE

CEI 11-27:2025



FOLLOW US ON 

Unità didattiche ASSOCERT

CEI 11-27:2025

Effetti dell'elettricità sul corpo umano:
le ustioni

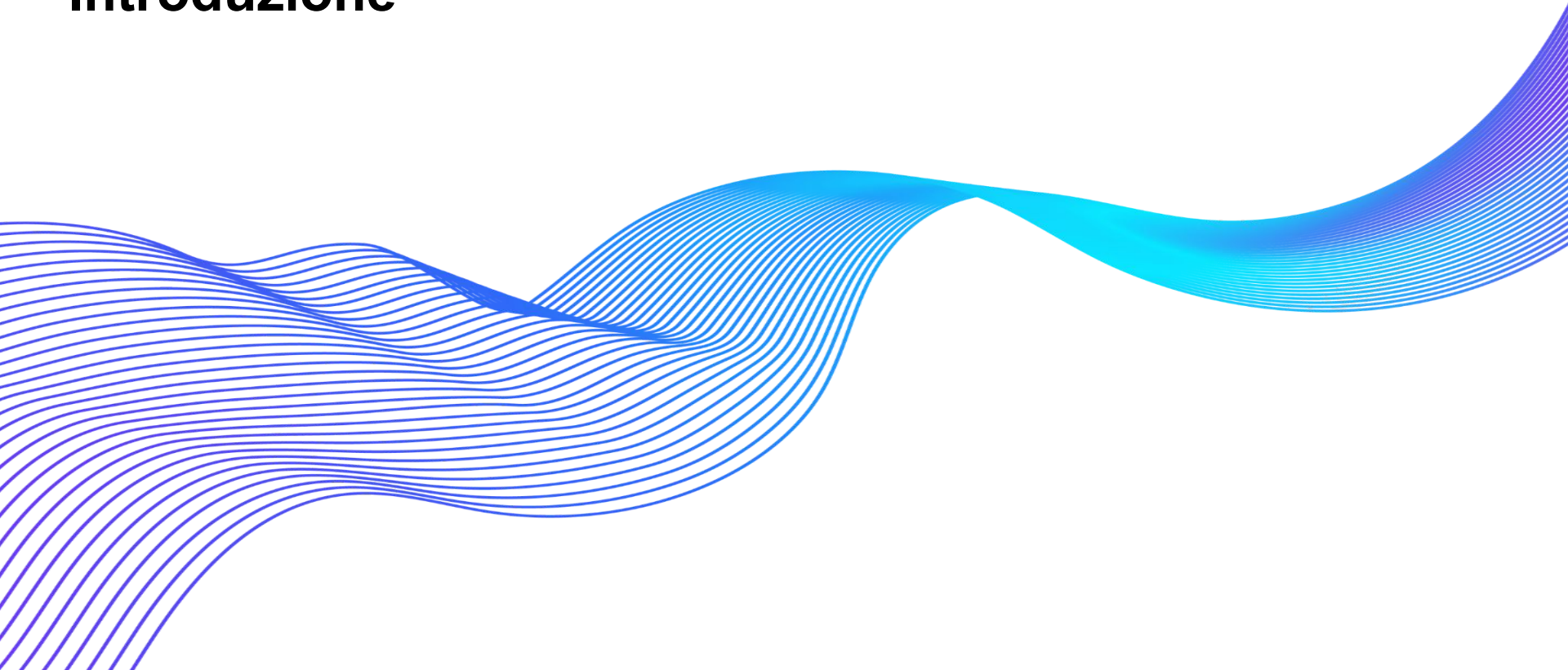
Introduzione

ASSOCERT è un ente di diritto privato, apolitico, non commerciale e senza fine di lucro.

Grazie al forte spirito di volontariato e all'impegno delle persone che la compongono, ASSOCERT è divenuta in breve tempo una tra le maggiori associazioni italiane del settore e che oggi, da sola, conta quasi 100 Enti di certificazione associati.

Oggi, dopo 16 anni, continuiamo a promuovere la salute e la sicurezza delle persone attraverso la cultura del rispetto delle norme tecniche che riguardano la conformità di impianti civili ed industriali, attrezzature di lavoro e prodotti destinati al commercio in UE.

Introduzione

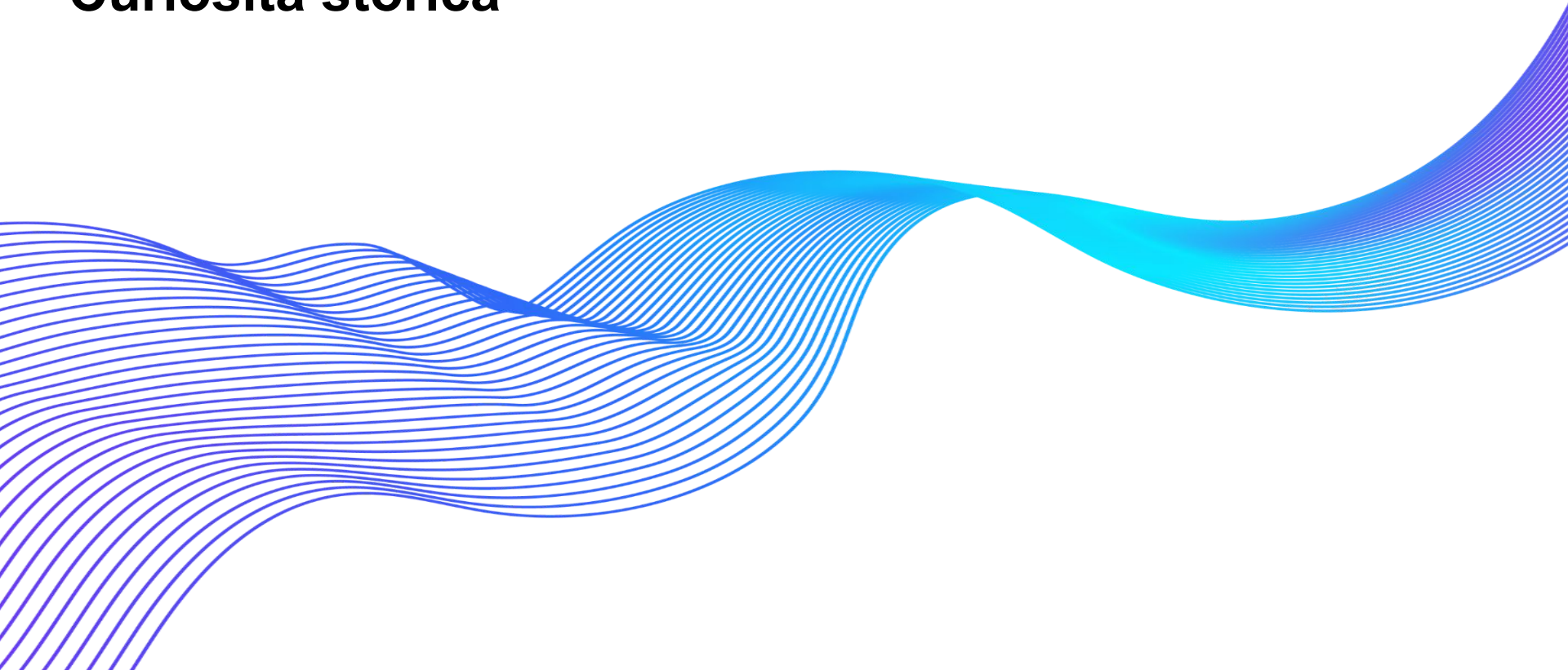


Introduzione

L'elettrocuzione rappresenta un evento traumatico complesso in cui il passaggio di corrente elettrica attraverso il corpo umano provoca danni tissutali diretti e indiretti.

A differenza delle ustioni termiche tradizionali, le ustioni elettriche presentano caratteristiche uniche, spesso definite come "effetto iceberg" perché il danno visibile sulla superficie cutanea rappresenta solo una minima parte della distruzione tissutale sottostante, che coinvolge muscoli, nervi, vasi sanguigni e strutture ossee.

Curiosità storica



Curiosità storica

La figura centrale in questo campo è senza dubbio Stefan Jellinek (1871-1968). Medico austriaco, è considerato il fondatore dell'elettropatologia come disciplina scientifica.

Prima di Jellinek, le lesioni elettriche venivano trattate semplicemente come ustioni termiche "strane".

Jellinek fu il primo a capire che l'elettricità lasciava una "firma" specifica sulla pelle, diversa dal fuoco, egli descrisse nel dettaglio il punto di ingresso della corrente, definendolo "marchio elettrico", notando che questa lesione è spesso indolore, fredda, secca e di colore grigiastro o giallastro, a differenza delle ustioni da fuoco che sono rosse e dolorose.

Curiosità storica

Il Museo: Creò a Vienna un celebre "Museo di Elettropatologia" (oggi parte delle collezioni del Technisches Museum Wien), raccogliendo campioni istologici, disegni e persino oggetti fusi dagli incidenti, per studiare come la corrente interagisce con i tessuti.

Curiosità storica

Per gran parte del XX secolo, c'è stato un dibattito scientifico su come esattamente l'elettricità uccida le cellule.

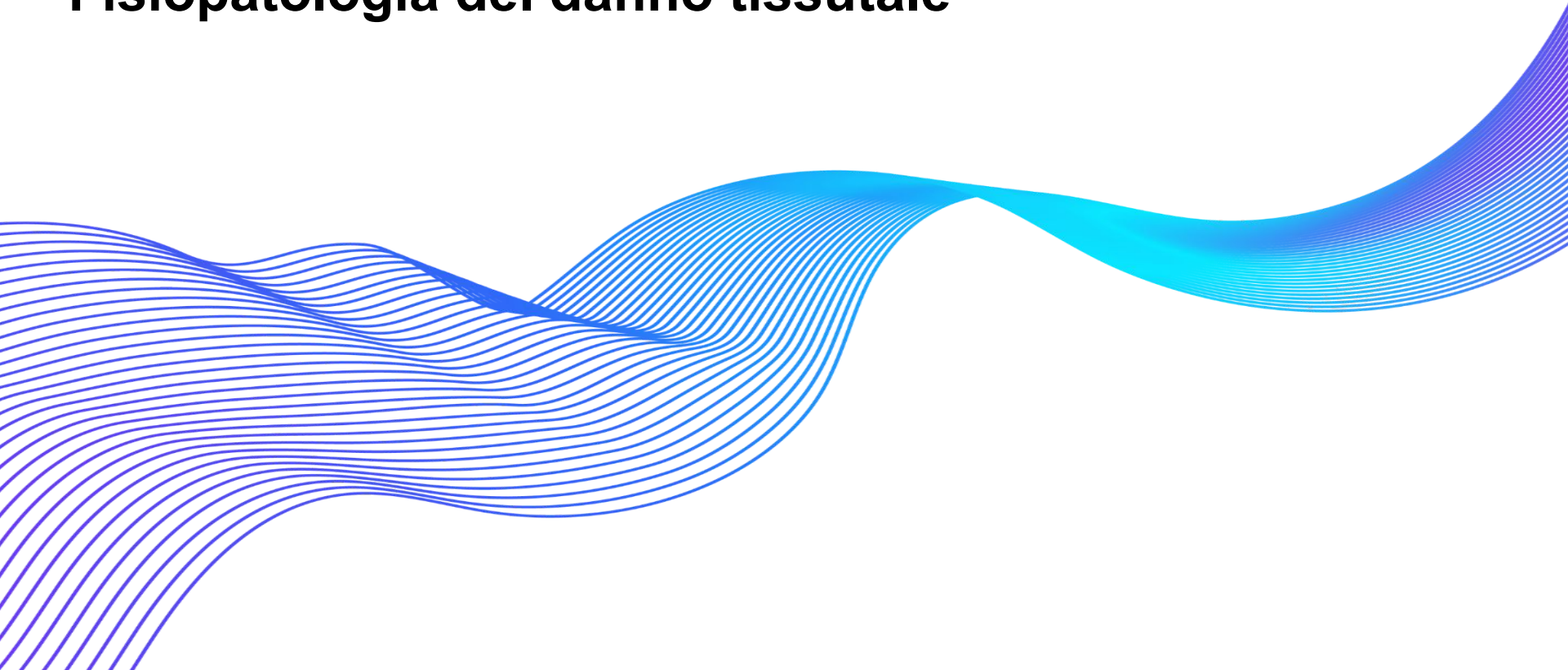
Fino agli anni '70-'80, la teoria dominante era che tutto il danno fosse causato dal calore generato dal passaggio della corrente attraverso la resistenza dei tessuti (Legge di Joule). Studi fondamentali come quelli di Hunt et al. (1976) sostenevano che l'ustione elettrica fosse "solo" un'ustione termica profonda.

Curiosità storica

Studi più recenti (in particolare dagli anni '90 con ricercatori come Raphael C. Lee dell'Università di Chicago) hanno rivoluzionato questa visione e hanno dimostrato che la corrente può uccidere le cellule non solo “cuocendole”, ma creando buchi microscopici nelle loro membrane (elettroporazione).

Questo ha spiegato perché spesso i danni nei pazienti folgorati sono molto più estesi di quanto ci si aspetterebbe dal solo calore, estendendosi in aree che non sembrano bruciate.

Fisiopatologia del danno tissutale



Fisiopatologia del danno tissutale

Il danno provocato dall'elettricità è determinato da diversi fattori, tra cui il voltaggio, l'amperaggio, il tipo di corrente (alternata o continua), la resistenza dei tessuti e la durata del contatto.

I meccanismi principali sono due:

- Effetto Joule (danno termico);
- Elettroporazione.

Analizziamoli nel dettaglio...

Fisiopatologia del danno tissutale

Effetto Joule (Danno Termico):

Il passaggio di corrente attraverso un conduttore (il corpo umano) genera calore. La quantità di calore prodotta è descritta dalla Legge di Joule:

$$Q=I^2Rt$$

dove:

- Q è il calore generato (energia termica);
- I è l'intensità di corrente;
- R è la resistenza del tessuto;
- t è il tempo di esposizione.

Fisiopatologia del danno tissutale

I tessuti con maggiore resistenza (come le ossa) generano più calore, "cuocendo" i tessuti circostanti (muscoli profondi) dall'interno verso l'esterno.

I nervi e i vasi sanguigni, avendo bassa resistenza, trasmettono l'elettricità e subiscono danni specifici da conduzione.

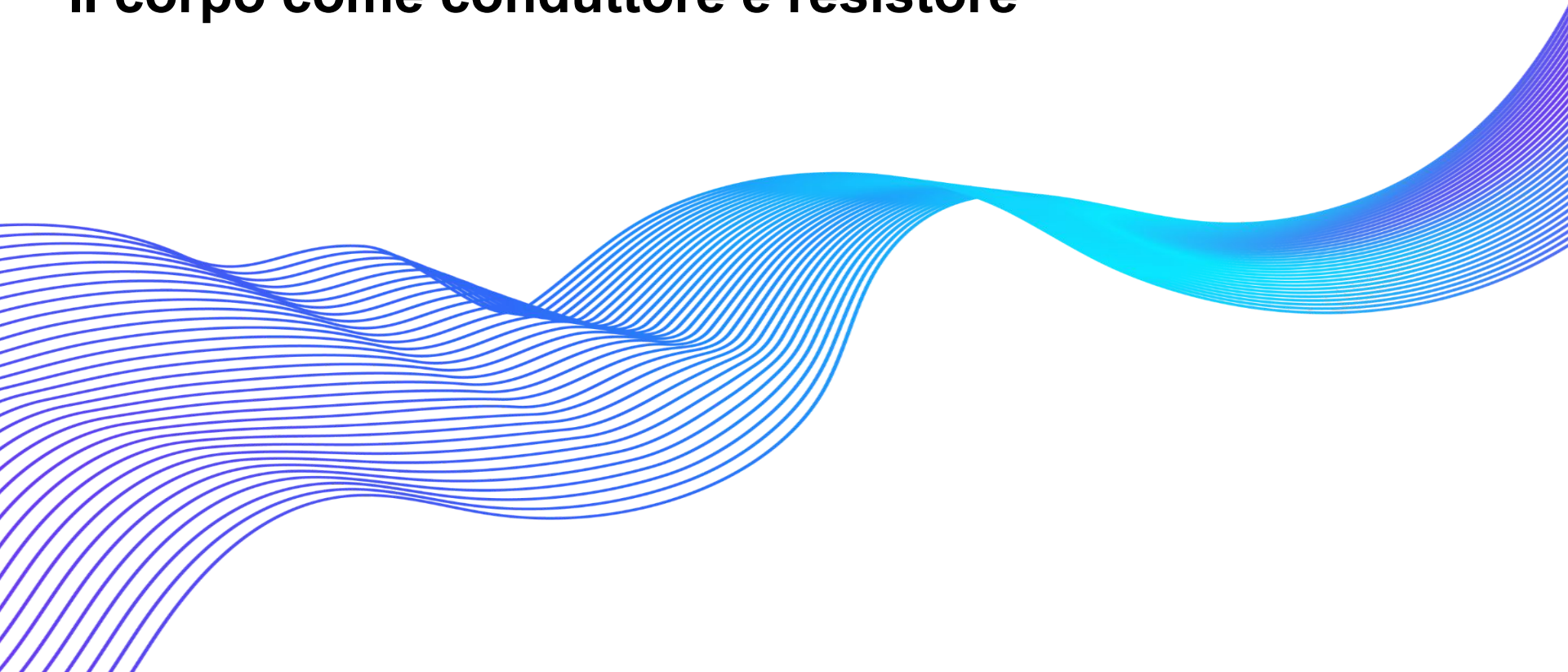
Fisiopatologia del danno tissutale

Elettroporazione:

A livello cellulare, campi elettrici di alta intensità possono alterare la configurazione delle proteine di membrana, creando pori nella membrana cellulare.

Questo porta alla perdita dell'integrità cellulare, all'afflusso massiccio di calcio e alla necrosi cellulare, anche in assenza di calore eccessivo.

Il corpo come conduttore e resistore



Il corpo come conduttore e resistore

Il corpo umano non è un conduttore perfetto e oppone una resistenza elettrica (R) al flusso di elettroni.

Quando una corrente (I) attraversa questa resistenza per un dato tempo (t), l'energia elettrica viene convertita in energia termica.

Il corpo come conduttore e resistore

La maggior parte della resistenza è concentrata nella pelle (in particolare nello strato corneo secco).

Una volta superata la pelle, i tessuti interni offrono resistenza minore ma significativa:

- Alta Resistenza: ossa, grasso, tendini;
- Bassa Resistenza: nervi, vasi sanguigni, muscoli umidi;
- Aumento della temperatura.

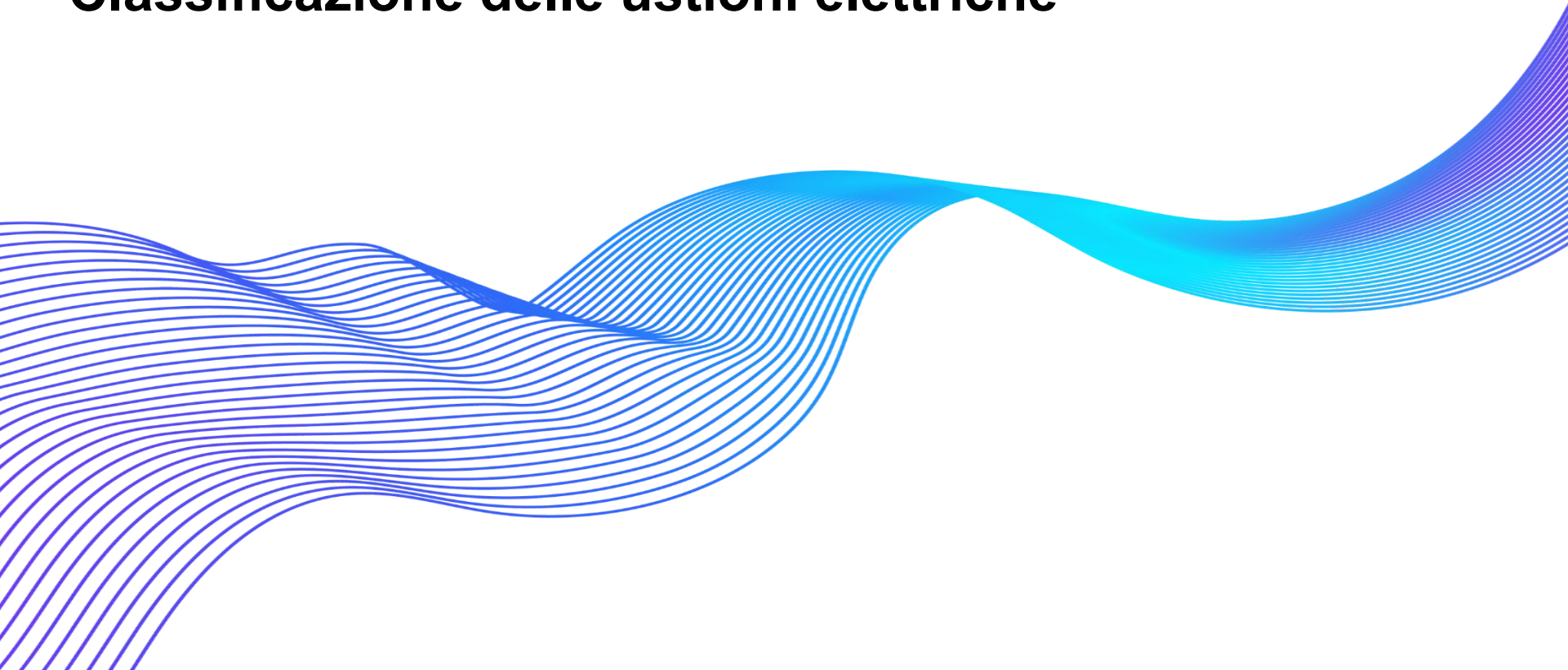
Il corpo come conduttore e resistore

Quando la corrente incontra la resistenza dei tessuti, si verifica una trasformazione energetica. Gli elettroni in movimento (corrente) collidono con gli atomi e le molecole dei tessuti (resistenza), incrementando l'agitazione termica degli stessi (moto di oscillazione).

Questo aumento dell'agitazione si manifesta come innalzamento della temperatura.

Poiché il calore è proporzionale al quadrato dell'intensità di corrente, anche piccoli aumenti di amperaggio comportano un aumento esponenziale della produzione di calore e, conseguentemente, del danno.

Classificazione delle ustioni elettriche



Classificazione delle ustioni elettriche

Le lesioni vengono classificate in base alla tensione e alla modalità di contatto:

- Bassa Tensione (< 1000 V): tipica degli incidenti domestici. Le ustioni sono spesso limitate al punto di contatto, ma possono causare aritmie cardiache significative (fibrillazione ventricolare) a causa della frequenza della corrente alternata (50-60 Hz) che interferisce con il ciclo cardiaco;
- Alte e medie Tensioni (> 1000 V): tipica degli incidenti industriali o sulle linee elettriche. Provoca distruzione massiva dei tessuti profondi, rabdomiolisi e spesso richiede amputazioni.

Classificazione delle ustioni elettriche

Tipo di Lesione	Descrizione	Caratteristiche Cliniche
Ustione da contatto	Ingresso e uscita della corrente attraverso il corpo.	Ferita di ingresso (spesso carbonizzata, depressa) e ferita di uscita (spesso a scoppio). Danno profondo massivo.
Ustione da arco (Flash)	La corrente salta tra due conduttori o tra conduttore e pelle senza attraversare il corpo internamente.	Temperature fino a 4000°C. Ustioni termiche superficiali o profonde, spesso su viso e mani.
Ustione da fiamma	L'arco elettrico incendia gli indumenti.	Ustioni termiche convenzionali sovrapposte al trauma elettrico.

Classificazione delle ustioni elettriche

Grado	Spessore Coinvolto	Aspetto Clinico Tipico	Sensibilità
I	Solo epidermide	Eritema (rossore), secco	Molto doloroso
II	Epidermide + derma	Fittene/bolle, umido	Molto doloroso
III	A tutto spessore (fino a derma)	Rigido, biancastro, marrone o nero (Escara), secco	Spesso indolore (necrosi terminazioni nervose)
IV (Elettrico)	Tessuti sottostanti	Carbonizzazione, coinvolgimento di fascia, muscoli e ossa	Anestesia totale

Classificazione delle ustioni elettriche

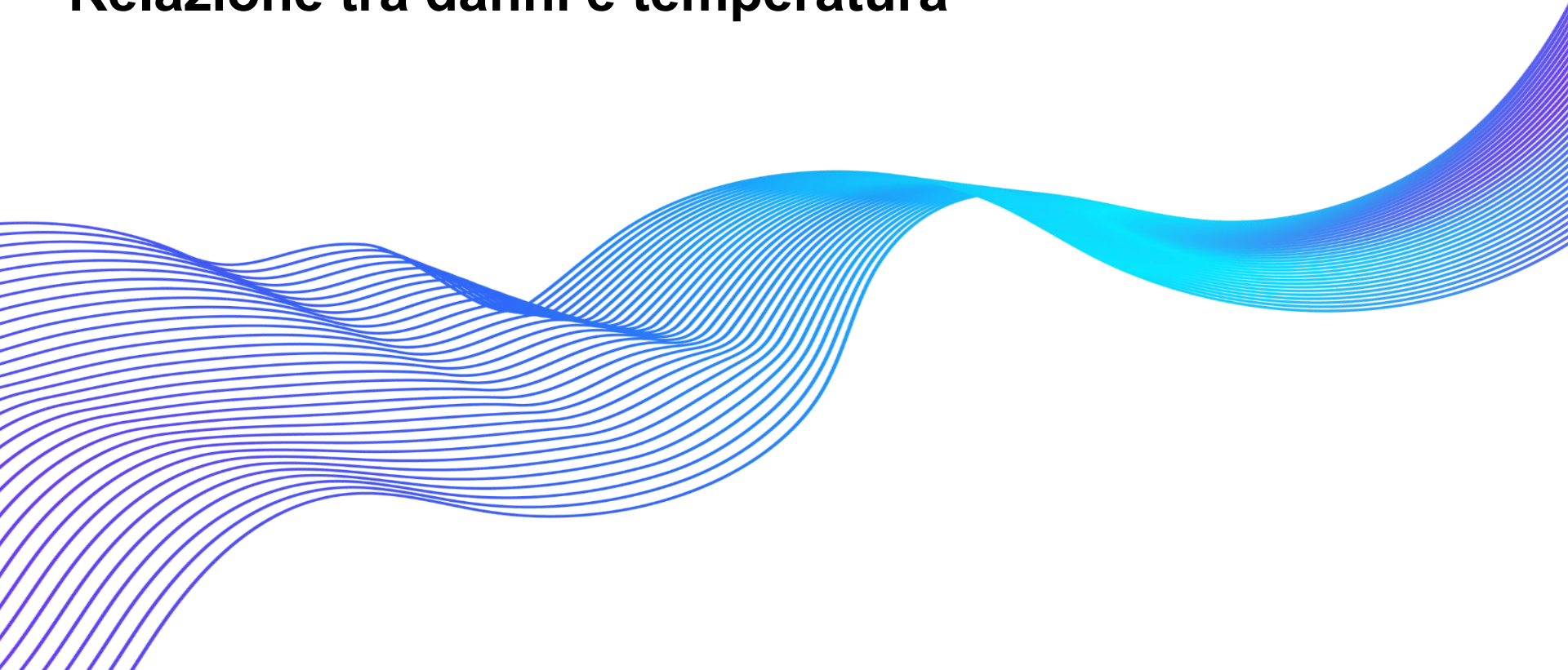
Ferita di ingresso (Contact Point): spesso piccola, circolare o ovale, secca e di colore grigio-giallastro o carbonizzato. È la zona di massima resistenza iniziale (pelle), dove si sviluppa la maggior quantità di calore, provocando una necrosi da coagulazione profonda a stampo.

Ferita di uscita (Exit Point): solitamente più grande e irregolare (a "esplosione" o "scoppio"), poiché la corrente lascia il corpo con una dispersione di energia che provoca la vaporizzazione dei liquidi.

Classificazione delle ustioni elettriche

Il Danno profondo (Grado IV): nelle ustioni ad alta tensione, è fondamentale riconoscere che il danno visibile (di I o II grado) può mascherare una lesione profonda e a pieno spessore (IV grado) che ha coinvolto muscoli, vasi e nervi lungo il percorso interno della corrente.

Relazione tra danni e temperatura



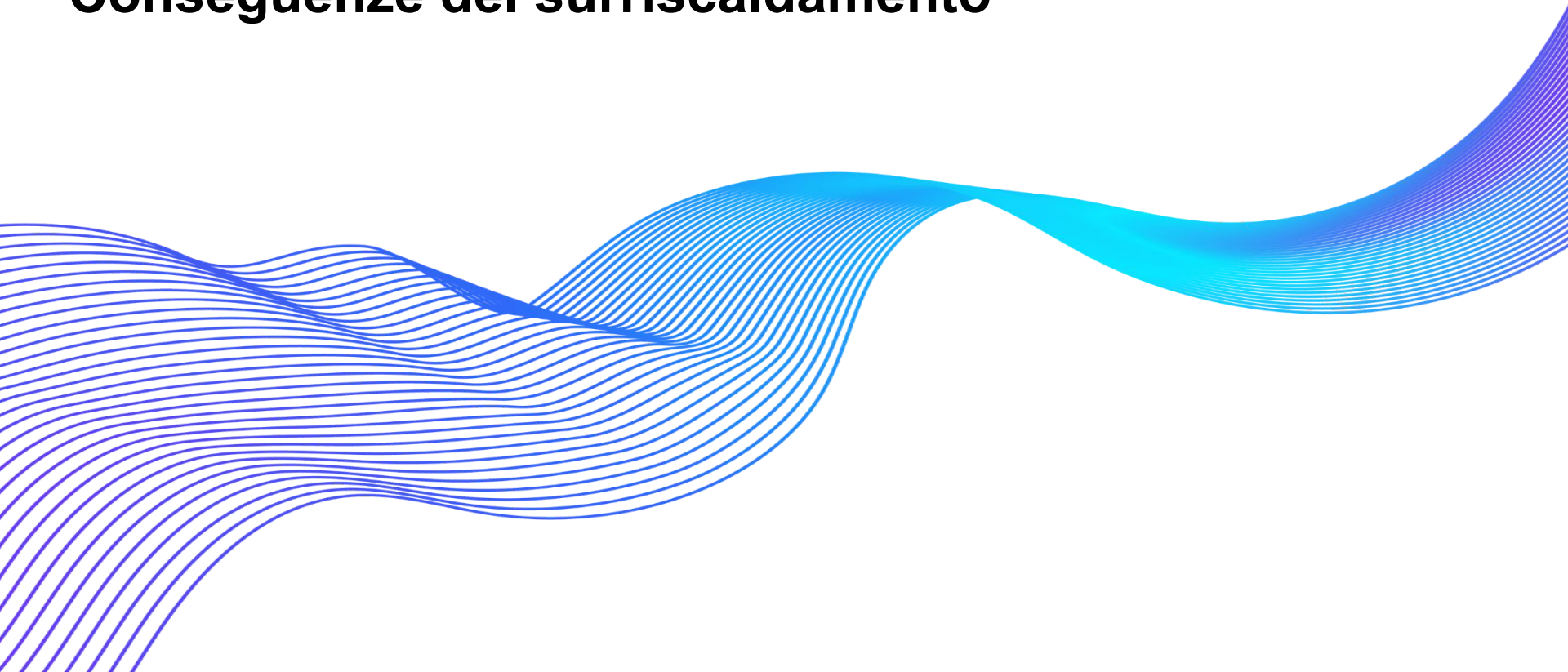
Relazione tra danni e temperatura

L'estensione e la profondità della lesione tissutale sono direttamente correlate alla temperatura raggiunta e al tempo di esposizione.

Relazione tra danni e temperatura

Temperatura (circa)	Tempo di Esposizione	Effetto Tissutale
45°C	Esposizione prolungata	Inizio del danno cellulare irreversibile .
50°C	Esposizione di pochi minuti	Morte cellulare, denaturazione delle proteine.
60°C-70°C	Esposizione di pochi secondi	Necrosi da coagulazione (tipica delle ustioni di III grado).
100°C	Contatto immediato	Vaporizzazione dell'acqua intracellulare, disidratazione e carbonizzazione del tessuto (caratteristico del IV grado e dell'uscita di corrente).

Conseguenze del surriscaldamento



Conseguenze del surriscaldamento

Denaturazione proteica: a temperature superiori ai 45-50°C, le proteine cellulari perdono la loro struttura tridimensionale e la loro funzione (denaturazione), portando alla morte cellulare.

Vaporizzazione e pressione: quando la temperatura raggiunge i 100°C, l'acqua intracellulare e interstiziale si trasforma in vapore. Poiché il vapore occupa un volume molto maggiore, la pressione interna aumenta rapidamente, causando la distruzione meccanica delle cellule e l'espansione violenta che si traduce nelle lesioni "a scoppio" (punti di uscita).

Conseguenze del surriscaldamento

Poiché il danno muscolare avviene in profondità (vicino alle ossa calde), si verifica edema massivo sotto le fasce muscolari e si può avere:

- Sindrome compartimentale: l'aumento di pressione comprime i vasi, portando a ischemia distale.
- Rabdomiolisi: la distruzione muscolare rilascia mioglobina nel sangue. La mioglobina precipita nei tubuli renali, causando insufficienza renale acuta.



Grazie per l'attenzione

Aggiornamenti Tecnici **ASSOCERT**

Formazione CEI 11-27:2025

Effetti dell'elettricità sul corpo umano:
le ustioni

rev.0 del 12.11.2025