

FORMAZIONE

CEI 11-27:2025



FOLLOW US ON **LinkedIn**

Unità didattiche ASSOCERT

CEI 11-27:2025

Effetti dell'elettricità sul corpo umano:
la tetanizzazione

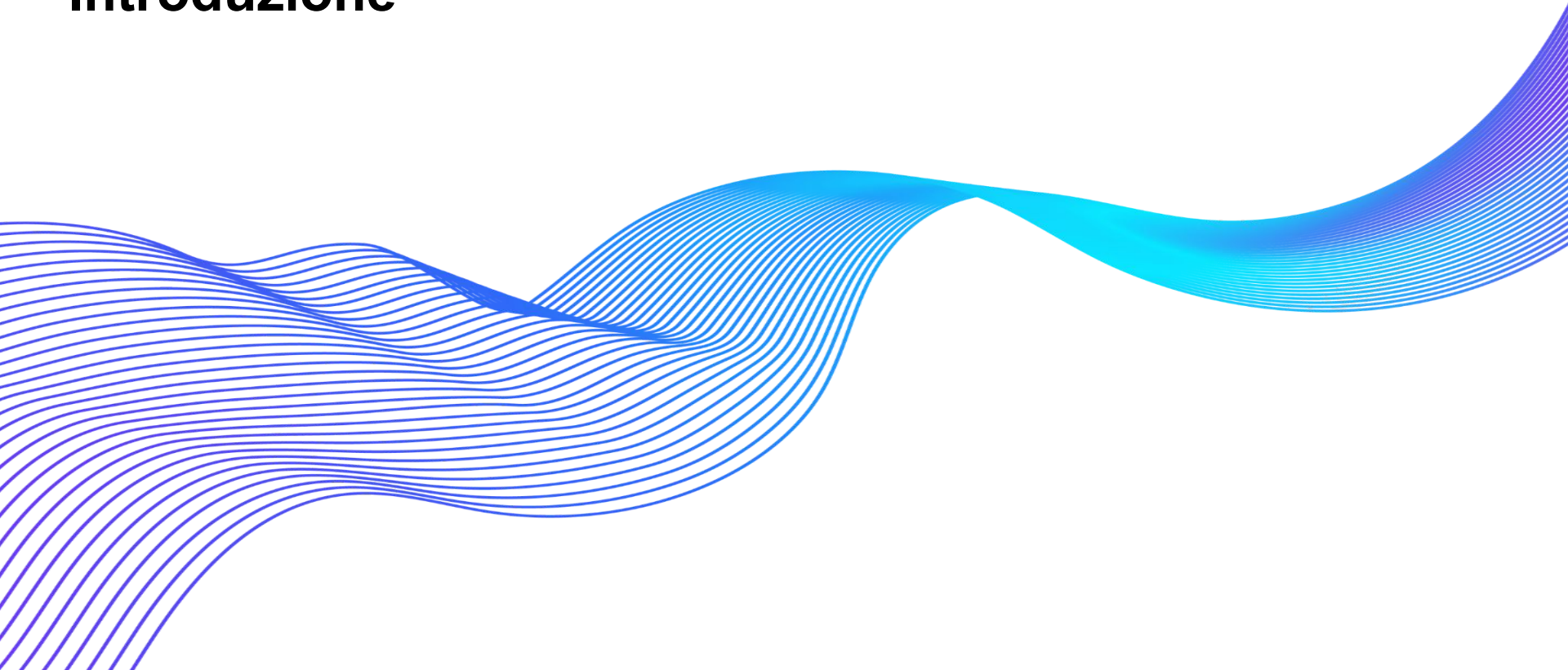
Introduzione

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, ovvero il passaggio di corrente elettrica attraverso il corpo umano, può innescare una serie di effetti fisiopatologici acuti, tra i quali la tetanizzazione muscolare rappresenta uno dei più immediati e pericolosi.

Questo fenomeno consiste in una contrazione muscolare spasmodica e persistente, che può impedire all'individuo di allontanarsi dalla fonte elettrica, prolungando così l'esposizione e aggravando le conseguenze.

Introduzione

Il termine "tetanizzazione" deriva direttamente da "tetano", e la sua origine è profondamente radicata nell'antica lingua greca, riferendosi allo stato di estrema e prolungata rigidità.

Il termine tetanizzazione (in ambito elettrocuisione) significa quindi l'azione di indurre uno stato di contrazione muscolare prolungata e spastica che è simile (o equivalente, dal punto di vista fisiologico) al tetano patologico.

Introduzione

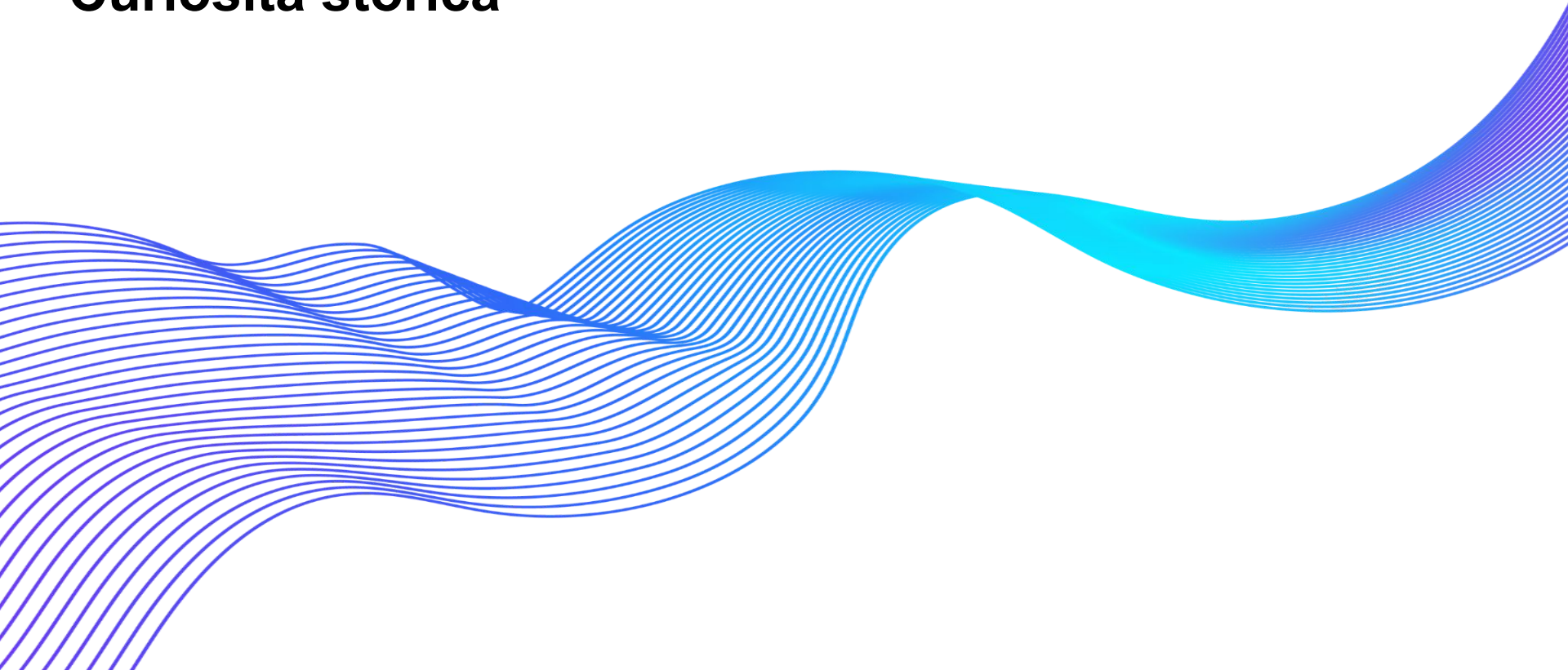
Il termine "tetanizzazione" nell'elettrofisiologia (e nel contesto dell'elettrocuzione) è un mutuo prestito linguistico basato sulla similitudine del risultato:

- Tetano (patologico): la tossina batterica (tetanospasmina) blocca i neurotrasmettitori inibitori a livello del sistema nervoso centrale, impedendo il rilassamento e causando una rigidità muscolare generalizzata.
- Tetanizzazione (elettrica): la corrente esterna fornisce stimoli elettrici continui a una frequenza elevata (come i 50 Hz della CA), che non permette ai muscoli di rilassarsi tra uno stimolo e l'altro, portando a una contrazione (tetano fisiologico).

Introduzione

In entrambi i casi, il muscolo si trova in uno stato di tensione e rigidità prolungata, da cui deriva l'uso coerente del termine di origine greca.

Curiosità storica



Curiosità storica

La comprensione scientifica del rapporto tra elettricità e contrazione muscolare affonda le sue radici negli esperimenti dell'anatomista bolognese Luigi Galvani (1737-1798).

Nel 1780, Galvani osservò che la zampa di una rana si contraeva quando veniva toccata simultaneamente da due metalli diversi, messi a contatto tra loro.

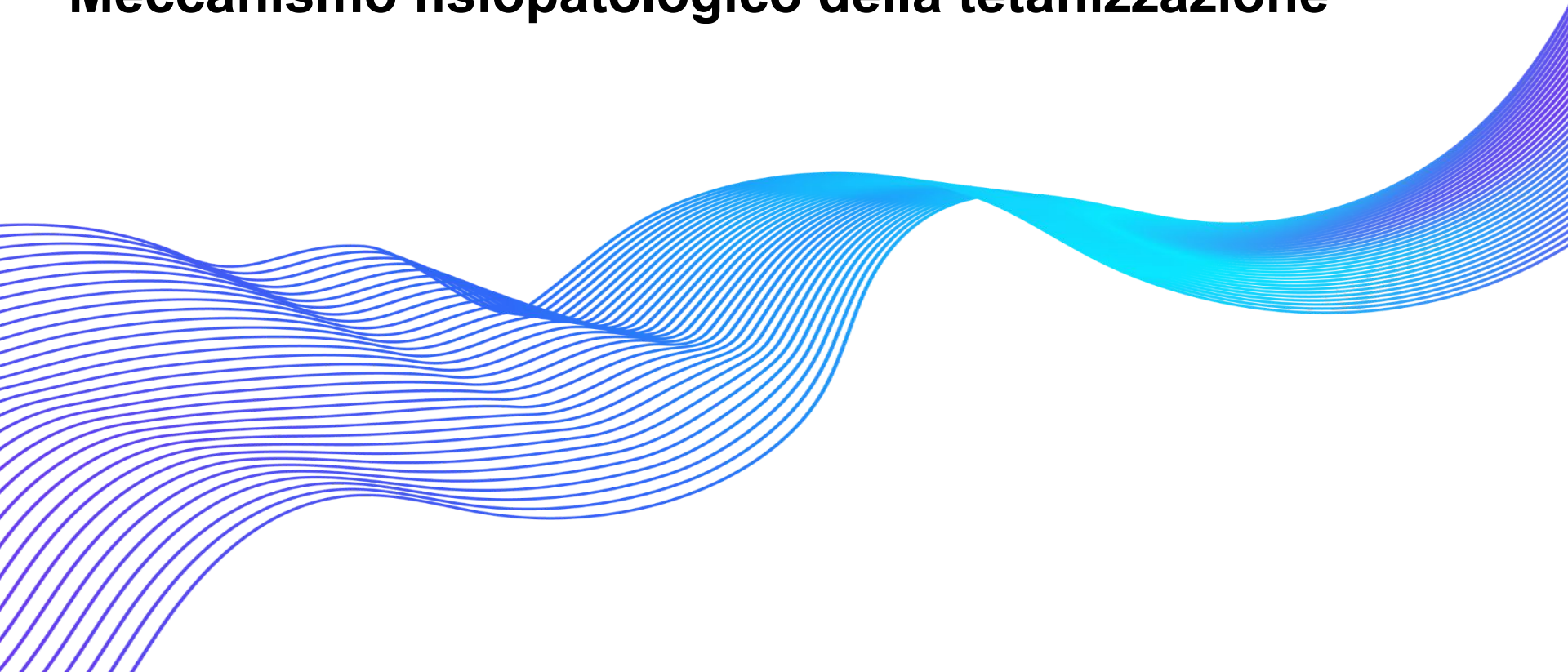
Galvani interpretò il fenomeno sostenendo che i tessuti viventi (nervo e muscolo) fossero in grado di generare ed immagazzinare quella che definì "elettricità animale" (o "galvanismo") che, stimolata dall'arco metallico, si scaricava causando la contrazione

Galvani, nei suoi studi, paragona il muscolo a una "bottiglia di Leida" (il primo condensatore).

Curiosità storica

Questa scoperta gettò le basi per la moderna elettrofisiologia e, indirettamente, per la comprensione del meccanismo attraverso cui una corrente esterna può soverchiare il controllo nervoso e indurre una contrazione spasmodica non voluta: la tetanizzazione.

Meccanismo fisiopatologico della tetanizzazione



Meccanismo fisiopatologico della tetanizzazione

Il muscolo si contrae in risposta a stimoli elettrici (potenziali d'azione) generati dal sistema nervoso.

La corrente elettrica esterna, in particolare la corrente alternata (CA) a frequenza industriale (50-60 Hz), interferisce direttamente con i segnali bioelettrici naturali.

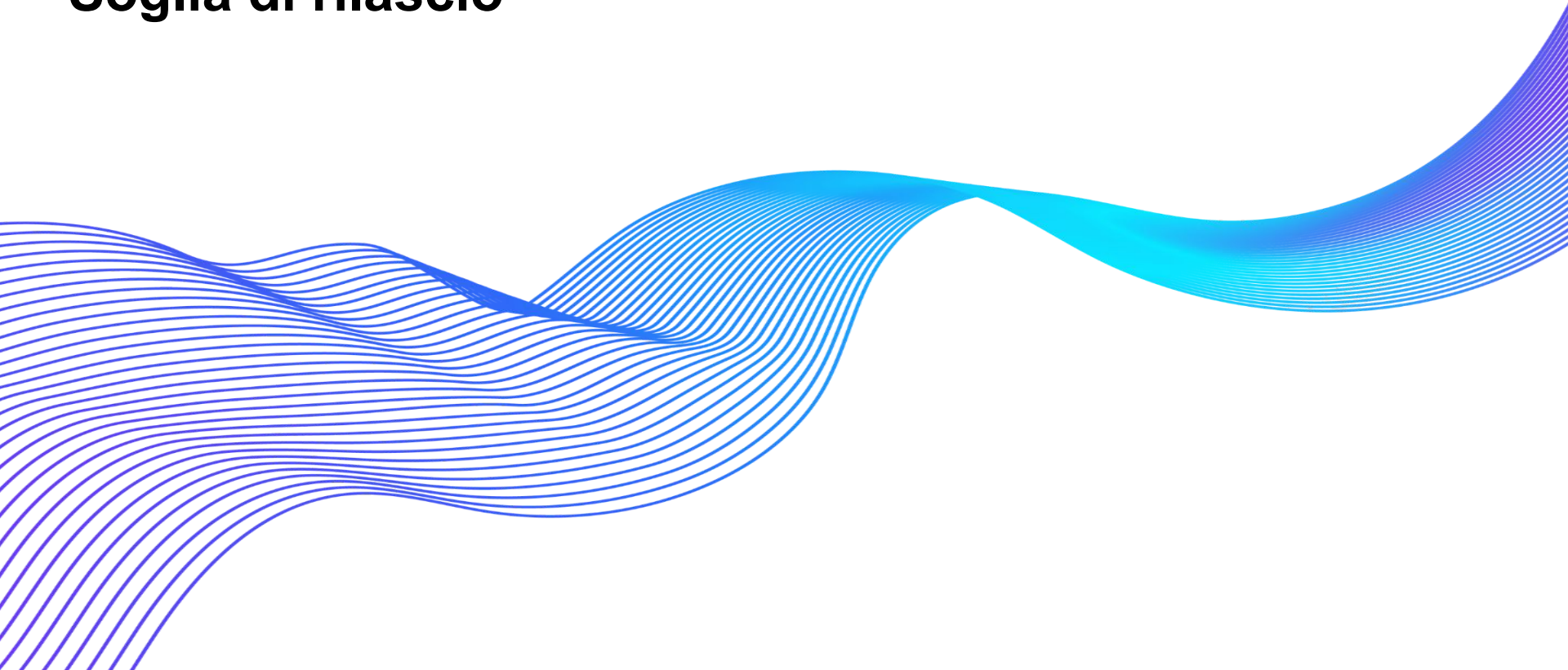
Meccanismo fisiopatologico della tetanizzazione

La corrente elettrica esterna agisce come uno stimolo sovra-soglia, depolarizzando le membrane delle cellule nervose e muscolari.

La frequenza della CA (tipicamente 50 Hz in Europa) è particolarmente efficace nell'indurre la tetanizzazione.

Quando gli stimoli elettrici si susseguono a una frequenza elevata e sufficientemente ravvicinata, la fibra muscolare non ha il tempo di rilassarsi completamente tra uno stimolo e l'altro, portando a una somma delle contrazioni.

Soglia di rilascio



Soglia di rilascio

La manifestazione clinica più critica è il mancato rilascio (o let-go current).

La corrente di rilascio è il massimo valore di corrente al quale una persona è ancora in grado di controllare i muscoli flessori dell'avambraccio e della mano per lasciare la presa dalla parte in tensione.

Soglia di rilascio

Per la corrente alternata a 50 Hz, questo valore è convenzionalmente fissato intorno ai 10 mA per le donne e 15 mA per gli uomini.

Se la corrente supera tale soglia, i muscoli flessori si contraggono con forza superiore a quella dei muscoli estensori, bloccando la mano sulla fonte elettrica.

Questo prolunga la durata del contatto, aumentando la gravità delle lesioni.

Soglia di rilascio

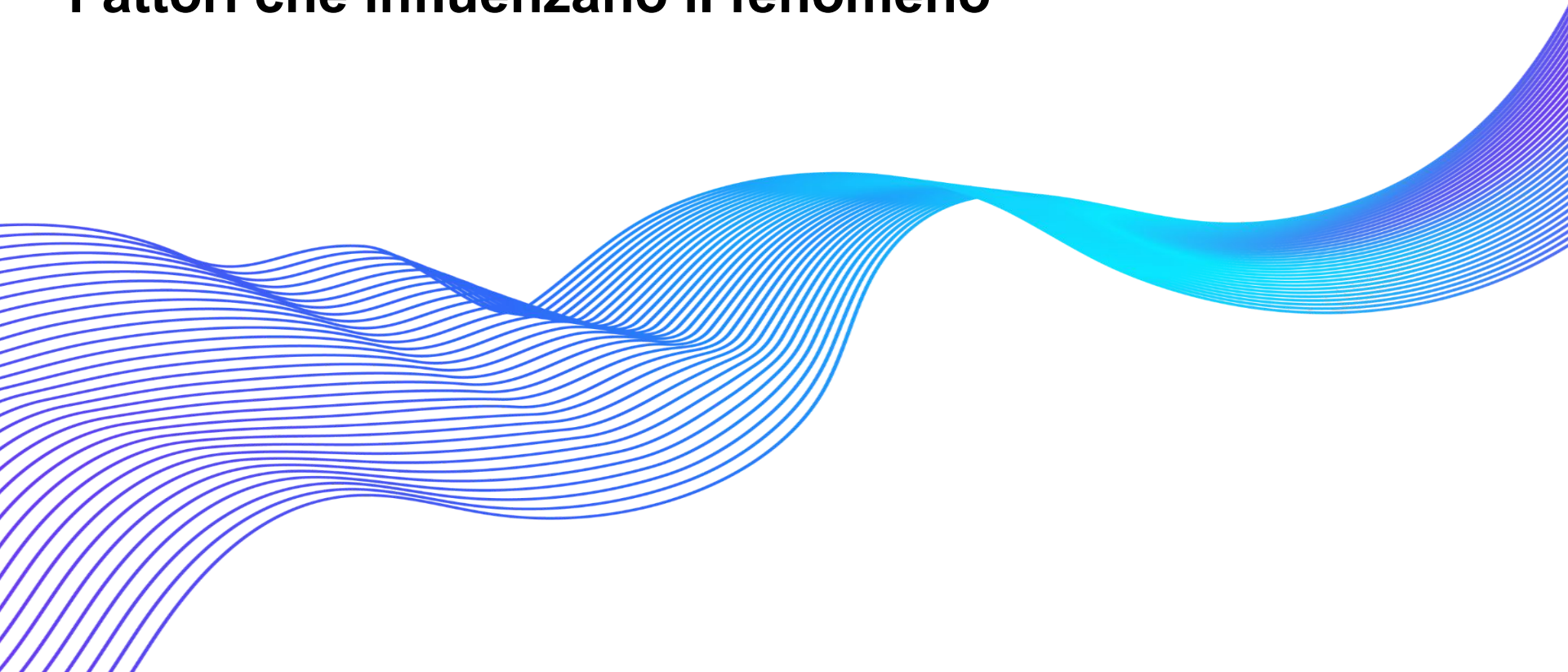
Per la CC, la soglia di corrente per il mancato rilascio e la conseguente tetanizzazione è stimata essere compresa tra 100 mA e 300 mA.

Questa maggiore tolleranza è dovuta al fenomeno dell'accomodamento delle cellule nervose e muscolari.

Quando una cellula eccitabile viene sottoposta a uno stimolo di intensità costante (come nel caso della CC), essa tende ad adattarsi aumentando progressivamente la propria soglia di eccitabilità.

Questo rende la corrente continua meno efficace nel mantenere una contrazione tetanica prolungata rispetto alla CA, che, per la sua natura oscillante, fornisce stimoli ripetuti di polarità variabile, aggirando l'accomodamento.

Fattori che influenzano il fenomeno



Fattori che influenzano il fenomeno

La probabilità e la gravità della tetanizzazione sono influenzate da:

Fattore	Impatto sulla tetanizzazione	Considerazioni
Intensità della Corrente	Aumenta la contrazione fino a una soglia critica	Valori molto elevati possono paradossalmente respingere l'infortunato ("alta tensione respinge, bassa tensione attrae")
Frequenza	Massima pericolosità a 50-60 Hz (CA)	La corrente continua (CC) richiede valori di corrente superiori per la tetanizzazione
Percorso della corrente	Corrente attraverso i muscoli flessori della mano è critica per il "mancato rilascio"	Il percorso mano-torace è il più pericoloso per il cuore.
Resistenza/impedenza del corpo	Varia in funzione della pelle (secca/umida/ferita), diminuendo con umidità o lesioni	Una bassa resistenza/impedenza aumenta l'intensità della corrente

Fattori che influenzano il fenomeno

Variazione dell'effetto elettrofisiologico in funzione della frequenza

La frequenza della corrente elettrica è il fattore determinante per l'interazione tra l'energia elettrica e i sistemi biologici (eccitabilità neuromuscolare).

Fattori che influenzano il fenomeno

Frequenze basse (50-60 Hz)

Questa è la zona di massima pericolosità per gli effetti elettrofisiologici come la tetanizzazione muscolare e la fibrillazione cardiaca.

Questa frequenza è ottimale per sincronizzarsi con i potenziali d'azione, inducendo una contrazione sostenuta e non coordinata degli organi eccitabili.

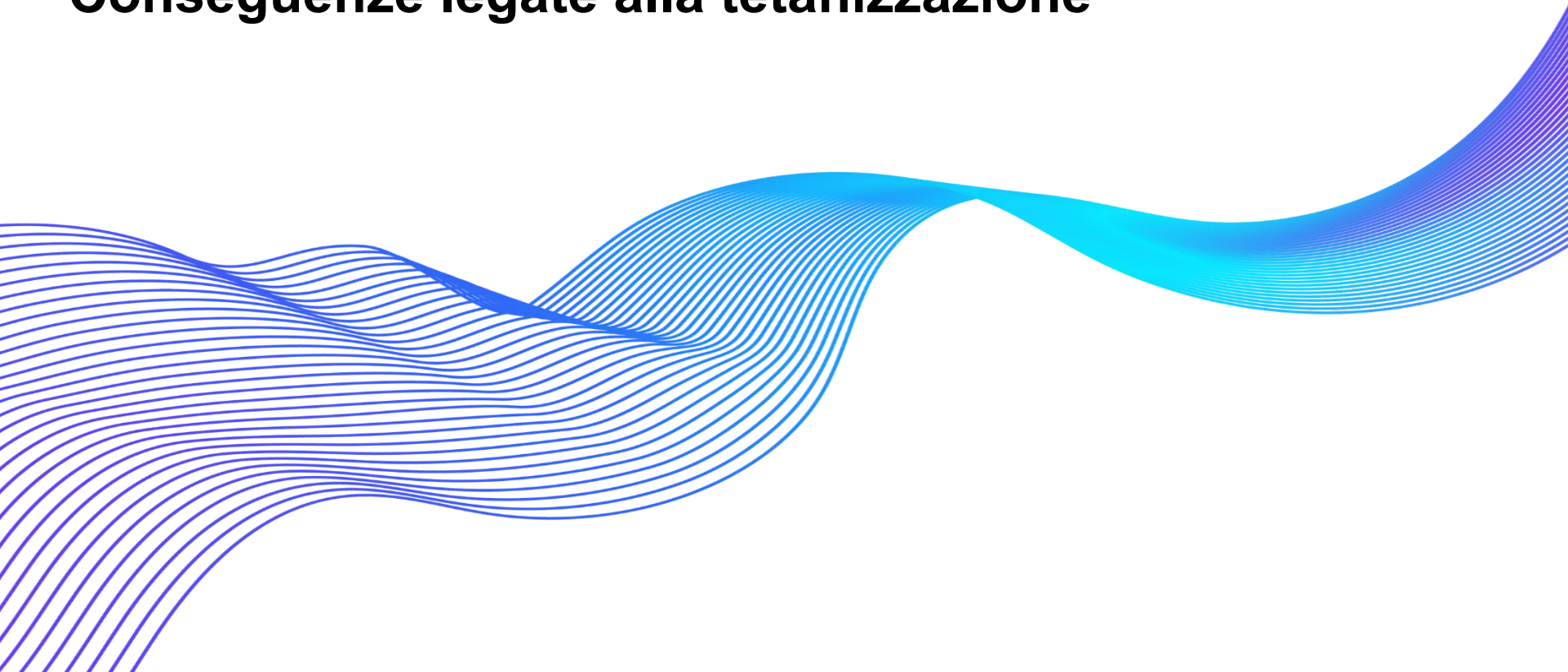
Fattori che influenzano il fenomeno

Frequenze alte

All'aumentare della frequenza della CA (oltre i 100 Hz), la pericolosità della tetanizzazione diminuisce drasticamente:

- Ciclo breve: il ciclo di ogni semionda diventa troppo breve per depolarizzare efficacemente la membrana cellulare e innescare in modo significativo un potenziale d'azione. Le cellule non hanno tempo sufficiente per completare il ciclo di eccitazione/riposo.
- Spostamento dell'effetto: l'energia non agisce più principalmente come stimolo neuromuscolare, ma inizia a manifestarsi in forma di effetto termico (effetto Joule).

Conseguenze legate alla tetanizzazione



Conseguenze legate alla tetanizzazione

La conseguenza più grave della tetanizzazione prolungata è l'asfissia/arresto respiratorio .

Paralisi dei muscoli respiratori: se il percorso della corrente interessa i muscoli del torace, in particolare il diaframma, la loro tetanizzazione ne impedisce la normale funzione ciclica (inspirazione/espirazione).

Arresto respiratorio: per correnti superiori a circa 20-30 mA, il blocco respiratorio può condurre rapidamente a morte per asfissia a causa della mancanza di ossigeno (ipossia) al cervello e agli organi vitali.

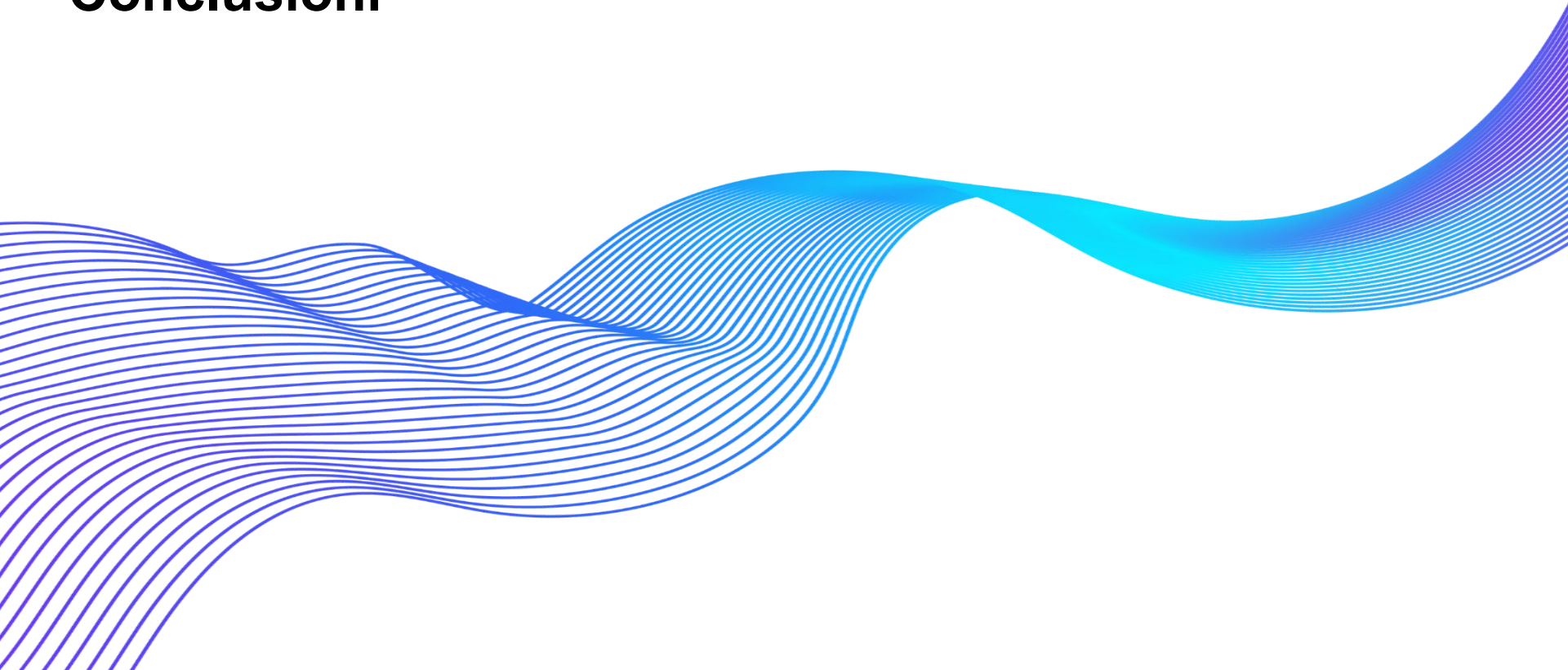
Conseguenze legate alla tetanizzazione

La tetanizzazione dei muscoli flessori può impedire alla vittima di staccarsi dalla fonte elettrica, prolungando il tempo di esposizione e aumentando drammaticamente il danno totale da shock portando alla fibrillazione ventricolare

Ciò significa che il tempo di contatto prolungato aumenta il rischio che la corrente raggiunga il cuore innescando la fibrillazione ventricolare, la causa più comune di morte immediata per folgorazione.

La tetanizzazione è, quindi, un circolo vizioso fisiologico che trasforma un contatto iniziale in un'emergenza potenzialmente fatale.

Conclusioni



Conclusioni

L'analisi del meccanismo fisiopatologico della tetanizzazione in caso di elettrocuzione evidenzia che questo fenomeno non è solo una contrazione muscolare, ma un fattore critico che aggrava l'infortunio elettrico.

La corrente alternata a frequenza industriale (50-60 Hz) è particolarmente insidiosa, poiché la sua frequenza induce una contrazione muscolare sostenuta e incontrollata.

Conclusioni

È indispensabile che la valutazione del rischio elettrico si basi su misure di sicurezza che assicurino che le correnti di dispersione o di contatto non superino mai il valore di non rilascio.

L'adozione di dispositivi differenziali ad alta sensibilità (RCD) e il rispetto delle normative di sicurezza sul lavoro in materia di formazione e informazione del personale, di verifiche periodiche degli impianti di terra e di manutenzione ordinaria rappresentano la difesa più efficace contro questo grave effetto.



Grazie per l'attenzione

Aggiornamenti Tecnici ASSOCERT

Formazione CEI 11-27:2025

Effetti dell'elettricità sul corpo umano:
la tetanizzazione
rev.0 del 12.11.2025