

# **L'EEG nella diagnosi di morte cerebrale**

Dott. Fabrizio Monti

Servizio di Neurofisiologia Clinica

Clinica Neurologica - Università di Trieste

*“I confini che dividono la vita dalla morte sono, alla fine, indefiniti e vaghi. Chi può dire dove finisce la prima ed inizia la seconda”* **Edgard Allan Poe, 1844**

*“... legalmente, suppongo, che un uomo è morto quando ha subito tali irreversibili cambiamenti tali da impedirgli di fare causa a qualcuno..”* **Peter Brian Medawar, 1946**

*“Tu sei morto quando il tuo medico dice che sei morto”* **Nesweek, 1967**

## *Segni fisici e test per la determinazione di morte 1750 -1800*

- cessazione dell'azione del cuore, del respiro, e vigoria del corpo
- macchie ipostatiche
- rigor mortis
- ipotermia
- arterie non pulsatili (segno di Davis)
- assenza di flusso ematico dopo sezione di arterie o vene
- dilatazione delle pupille
- cornee grigie o nere (segno di Larcher)
- nessun movimento muscolare dopo stimolazione elettrica
- rilasciamento dello sfintere anale
- appiattimento dei glutei e delle mascelle
- putrefazione

Lancet, , 1996

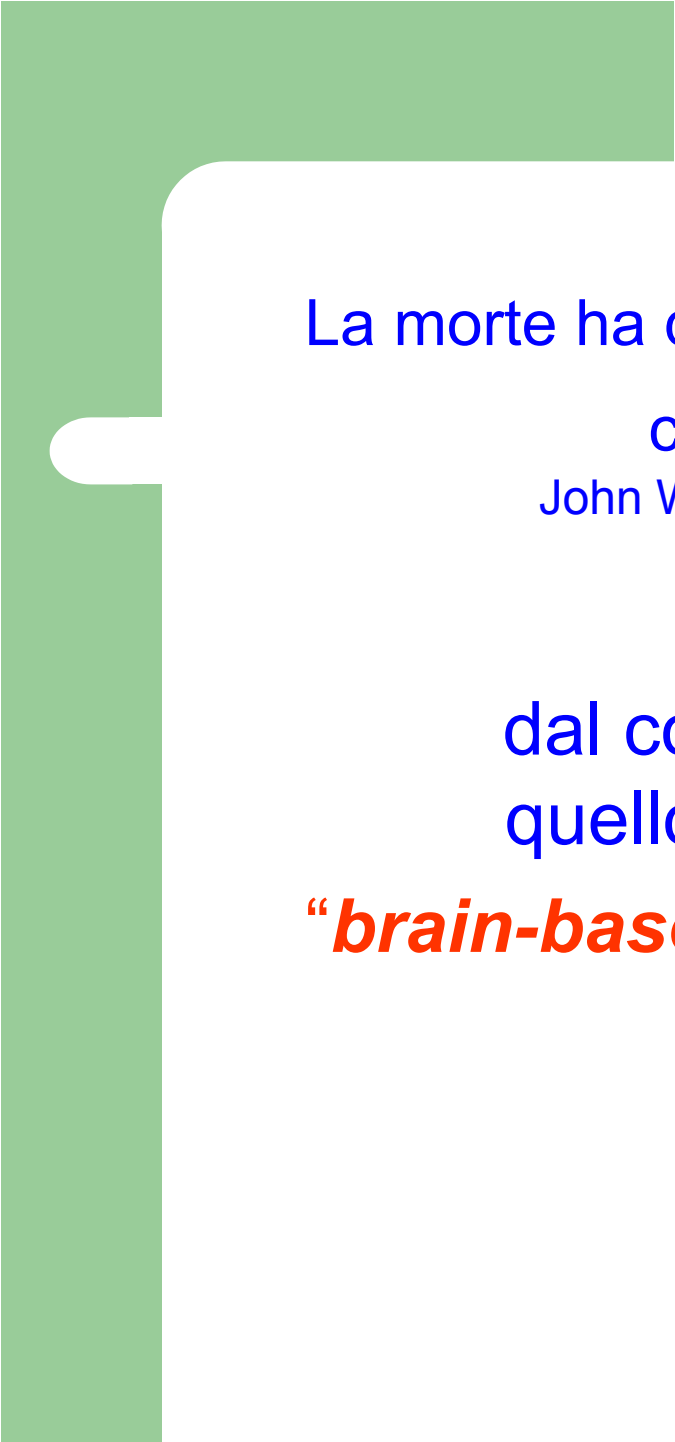
1959 “**coma dépassé**” Mollaret e Goulon

1968 “**morte cerebrale**” Harvard Medical School

1971 “**lesione del tronco encefalico**” Mohandas e Chou

1981 “**linee guida**” Commisone Presidenziale U.S.A.

1993 Italia - **legge 29**




La morte ha diecimila diverse porte per l'uomo  
che prende questa uscita  
John Webster, La duchessa di Malfi, 1612

dal concetto di “*brain death*”  
quello più preciso e definito di  
“*brain-based determination of death*”




## **PREREQUISITI**

**Soggetti affetti da lesioni  
encefaliche e sottoposti a misure  
rianimatorie**



**Stato di incoscienza**  
**Assenza dei riflessi del tronco**  
**Assenza di respiro spontaneo**  
**Silenzio elettrico cerebrale**

A large green decorative shape on the left side of the slide, resembling a stylized 'L' or a corner bracket with rounded edges.

**L'iter diagnostico, finalizzato anche alla certezza della diagnosi eziopatogenetica, deve prevedere l'esecuzione di ulteriori indagini nelle seguenti situazioni:**





1)

**Bambini di età inferiore ad 1 anno**

**2)**

**Presenza di fattori concomitanti**

- farmaci depressori il SNC**
- ipotermia (sotto 32 °)**
- alterazioni endocrine o metaboliche**
- ipotensione sistemica depressa**

**3)**

**situazioni che non consentano  
una diagnosi eziopatogenetica  
certa o che impediscano  
l'esecuzione dei riflessi del tronco  
o l'EEG**

## **Accorgimenti:**

### **Ipotermia**

- riscaldamento (fino a + 32 °)

### **Ipotensione**

- vasopressori

### **Farmaci depressori**

- tempo (fino a dosaggi ematici subterapeutici)



## TEMPO

**“..... l’iter può essere  
procrastinato fino all’avvenuta  
normalizzazione delle situazioni  
predette”**

# Registrazione elettroencefalografica

La Legge 29 del 1993 ed il successivo D.M. del 1994 definiscono i criteri tecnici per la registrazione elettroencefalografica per l'accertamento e la certificazione di morte cerebrale

## Parametri strumentali

Nell'accertamento della condizione di cessazione irreversibile di tutte le funzioni dell'encefalo, in concomitanza con i parametri clinici riportati nell'art. 3, deve essere evidenziata

***la presenza di silenzio elettrico cerebrale***

## **la presenza di silenzio elettrico cerebrale**

è definita come

*"assenza di attività elettrica di origine cerebrale spontanea e provocata, di ampiezza superiore a 2 microVolts su qualsiasi regione del capo per una durata continuativa di 30 minuti".*



# Metodologia strumentale

1) utilizzo di almeno 8 elettrodi posti simmetricamente sullo scalpo secondo il sistema internazionale 10-20

## *consiglio*

- anche il Cz
- se possibile tutti i 21 elettrodi

2) derivazioni bipolari con distanza interelettrodo non inferiore a 10 cm o monopolari con elettrodi di riferimento biauricolari

***problemi***

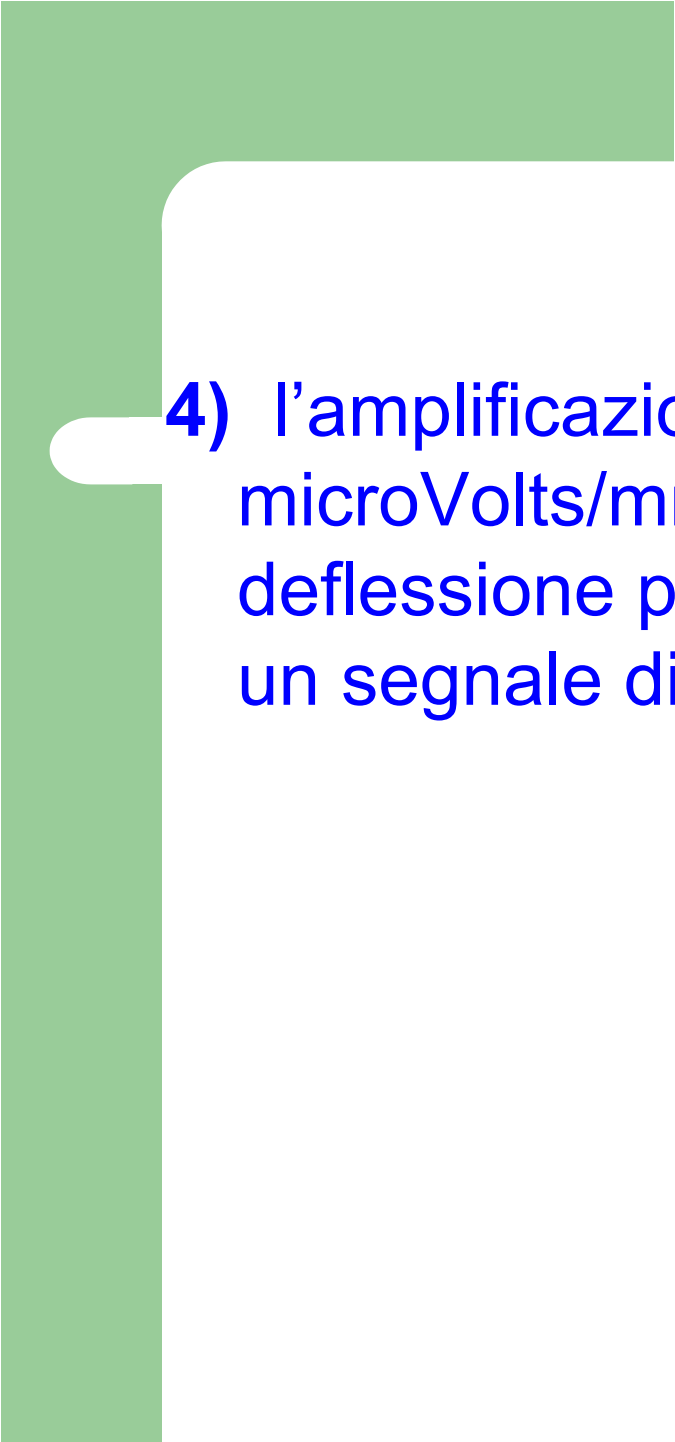
- se si usa la pasta si rischia di ridurre la distanza
- attenzione al monopolare con artefatto sull'elettrodo di riferimento
- il riferimento biauricolare aumenta l'artefatto ECG

3) l'impedenza interelettrodica deve essere tra 0.1 e 10 kOhms

***attenzione***

è più importante mantenere una minima differenza di

impedenza tra due elettrodi (p. es entrambi a 10 KOhms piuttosto che uno a 5 ed uno a 200 Ohms)



4) l'amplificazione deve essere di 2 microVolts/mm e la calibrazione con deflessione positiva o negativa di 5 mm per un segnale di 10 microVolts

5) nel corso della registrazione vanno utilizzate almeno due costanti di tempo di 0,1 secondi (taglio di 1.5 Hz) e di 0,3 secondi (taglio di 0.5 Hz)

***N.B.***

- non viene citato il filtro notch che può/deve essere inserito
- possono essere utilizzati i filtri passa basso a 35 Hz solo se vi è abbondante attività EMGrafica

6) durante l'esame va ripetutamente valutata la reattività nel tracciato elettroencefalografico a vari tipi di stimolazione sensoriale (visiva, acustica, nocicettiva)

***stimolazione visiva***

apertura forzata degli occhi

***stimolazione acustica***

rumore o chiamata

## ***punti di stimolazione nocicettiva***

- arcata sopraorbitaria,
- estremità delle dita della mano sul letto ungueale,
- capezzoli
- sterno

### ***N.B.***

- ricordarsi di segnare sempre sul tracciato il momento della stimolazione
- attendere la normalizzazione del tracciato dagli artefatti prima di stimolare

7) la durata di ciascuna seduta di registrazione elettroencefalografica deve essere di almeno 30 minuti

***N.B.***

trenta minuti è il tempo minimo di una registrazione che può e deve durare anche un tempo maggiore



8) la durata dell'osservazione deve essere:

- 6 ore per gli adulti e i bambini in età superiore a 5 anni
- 12 ore per i bambini di età compresa tra 1 e 5 anni
- 24 ore nei bambini di età inferiore a 1 anno

***problema***

fino a 18 anni 12 ore. Wijdicks, 2001

## 9) modalità di registrazione ed archiviazione:

la legge non prevede nulla se non che la registrazione va eseguita su carta (contestualmente ???)

### ***consiglio***

conservare sia il supporto cartaceo che digitale in servizio e allegare alla cartella solo i referti

## Accorgimenti tecnici

Poiché artefatti provenienti dall'ambiente di registrazione e/o dal paziente in esame possono essere responsabili di attività ritmica, pseudo-ritmica o sporadica che si riflette su ogni elettrodo registrante posto sullo scalpo, occorre, su di un totale di non meno 8 canali di registrazione,

***dedicare un canale di registrazione  
all'elettrocardiogramma***

- sono artefatti *RITMICI* quelli dovuti ad attività cardiaca e al movimento del respiratore automatico.
- sono artefatti *PSEUDORITMICI* o *SPORADICI* quelli dovuti a interferenze elettriche ambientali e da altre apparecchiature, anomalie del collegamento fra scalpo e apparecchio (contatto elettrodo, cavetto e spinotto di collegamento)

Inoltre deve essere utilizzato

**un canale di registrazione all'attività  
bio-elettrica derivata da regioni  
extra-cefaliche**

Qualora sia necessario, sospendere  
momentaneamente il funzionamento degli  
apparati di rianimazione e di monitoraggio.

In caso siano presenti abbondanti artefatti muscolari che possono mascherare l'attività cerebrale sottostante, o simularla creando quindi problemi di interpretazione si consiglia di ripetere la registrazione dopo

**somministrazione di farmaci che bloccano la funzionalità della placca neuromuscolare (es. Succinilcolina 20-40 mg i.v.).**

# Gli artefatti

- artefatti di ambiente e da apparecchiature
- artefatti di origine cardiovascolare

# Artefatti di ambiente e da apparecchiature

- *Campi elettrostatici o elettromagnetici*  
rete elettrica, altri apparecchi, movimenti del personale
- *Movimenti meccanici*  
della testa del paziente, del respiratore automatico



### ***Eliminazione:***

- riduzione dell'impedenza
  - disinserimento delle apparecchiature
  - oppure allontanamento (si riduce l'artefatto?)
  - disinserimento della spina (apparecchiature sotto tensione !)
- 
- derivazioni extracefaliche (mano, deltoide)
  - monitoraggio extracefalico facciale (naso-mento o guancia-mento)
  - accelerometro

# Artefatti di origine cardiovascolare

- *Artefatti da attività elettrica*

complesso QRS

artefatto da pace-maker

- *Artefatti da attività meccanica*

pulsazione

ballistogramma

## ***Eliminazione:***

*artefatto da attività elettrica:*

è impossibile modificare l'orientamento  
dell'asse cardiaco

*artefatto meccanico:*

spostamento dell'elettrodo

spostamento della testa del paziente

riduzione dell'impedenza

## Precauzioni particolari

- rischio elettrico
- trasmissione di infezioni
- effetti indesiderati di manipolazioni o stimolazioni dei pazienti

# Test di conferma

Test che contribuiscono a studiare:

- diverse funzioni cerebrali
- la circolazione cerebrale

# Test di conferma

- opzionali per l'adulto  
(obbligatori per legge in alcune condizioni)
- raccomandati nel bambino

# Test di conferma

## Valutazione del flusso cerebrale

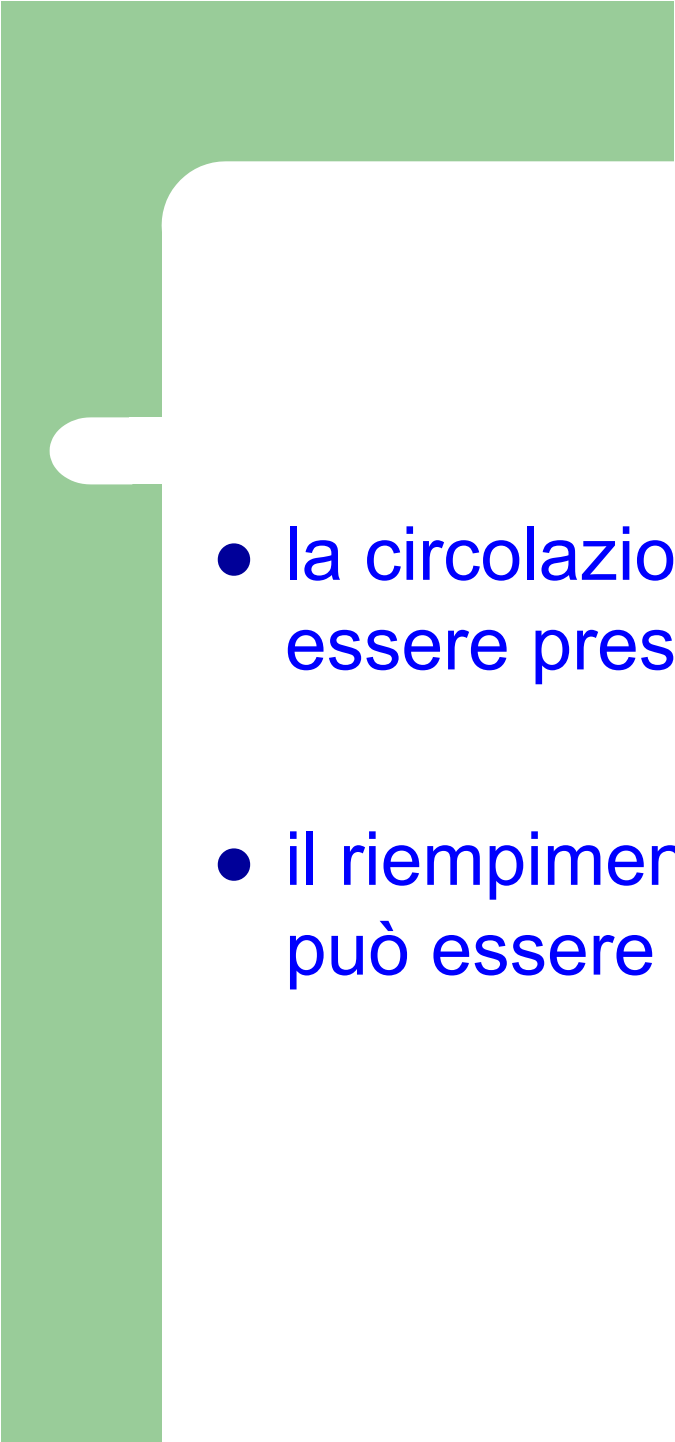
- angiografia
- doppler transcranico
- scintigrafia cerebrale (con Tn99)

# Test di conferma

## *Angiografia*

- Lo scopo è quello di registrare l'assenza di flusso intracerebrale
- Non deve essere evidenziato alcun flusso cerebrale o vertebrale a livello dell'ingresso delle arterie nel cranio



- 
- la circolazione dell'arteria carotide esterna può essere presente
  - il riempimento del seno longitudinale superiore può essere ritardato

La causa dell'arresto della circolazione cerebrale è dovuto a:

- il rigonfiamento della glia perivascolare
- la formazione di vescicole subintimali causate dall'ischemia

Questi eventi provocano il collassamento delle arteriole a causa dell'incremento delle resistenze intravascolari

# Test di conferma

Possono essere utilizzate oltre all'angiografia

- ***l'angioTAC***
- ***la angioRM***

# Test di conferma

## *Doppler transcranico*

- sensibilità tra il 91 ed il 99 %
- specificità del 100 %

## ***Doppler transcranico***

- In soggetti in morte cerebrale si rileva l'assenza di flusso diastolico
- l'indice di pulsatilità è molto elevato rispetto ad una velocità sistolica che è notevolmente ridotta rispetto al livello normale

## ***Doppler transcranico***

- La completa assenza di segnale non può essere affidabile; infatti può essere artefattuale a causa di una finestra ossea transtemporale inadeguata

# Test di conferma

## *Scintigrafia cerebrale con Tn99*

- iniezione 30 minuti prima della ricostruzione
- devono essere valutati diversi tempi (immediatamente, a 30, 60 minuti e a 2 ore)
- una corretta iniezione intravenosa deve essere confermata da un uptake epatico

# Test neurofisiologici

Sono quegli esami strumentali neurofisiologici che aiutano nella valutazione funzionale di determinati distretti o sistemi

***Potenziali evocati acustici***

***Potenziali evocati somestesici***

***Blink reflex***

***Risposta F del VII nervo cranico***



# Test neurofisiologici

## *Potenziali evocati acustici (ABRs)*

- Stimolo acustico bilaterale.
- Studio della via acustica troncoencefalica.

## **ABRs** - generatori:

- onda I coclea
- onda II nucleo cocleare
- onda III nucleo olivare superiore
- onda IV lemnisco laterale
- onda V collicolo inferiore
- onda VI corpo genicolato mediale ?
- onda VII radiazioni acustiche ?

## ***ABRs***

- devono essere assenti le onde dalla II in poi
- deve essere sempre presente la onda I
- l'assenza di tale onda infatti non garantisce una stimolazione adeguata oppure una integrità dell'apparato acustico (lesioni timpaniche, ecc.)

# Test neurofisiologici

## *Potenziali evocati somestesici*

generatori:

- onda EP: plesso brachiale
- onde N9 - N13: interneuroni IV-V strato del midollo (nessun far field sullo scalpo)
- N20: VPL talamico
- N30: corteccia

## ***Potenziali evocati somestesici***

- devono essere presenti la EP e le onde cervicali (circolazione del midollo attraverso l'arteria midollare)
- devono essere assenti le onde talamiche e corticali

# Test neurofisiologici

## *Blink reflex*

- stimolazione al nervo sopraorbitale (V NC)
- registrazione al muscolo orbicolare dell'occhio (VII NC)
- non deve essere presente alcuna risposta R1 omolaterale e R2 omo e controlaterale

# Test neurofisiologici

## *Risposta F del VII nervo cranico*

- risposta motoria riflessa da stimolo del VII NC e registrazione ad uno dei muscoli innervati dallo stesso nervo