

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

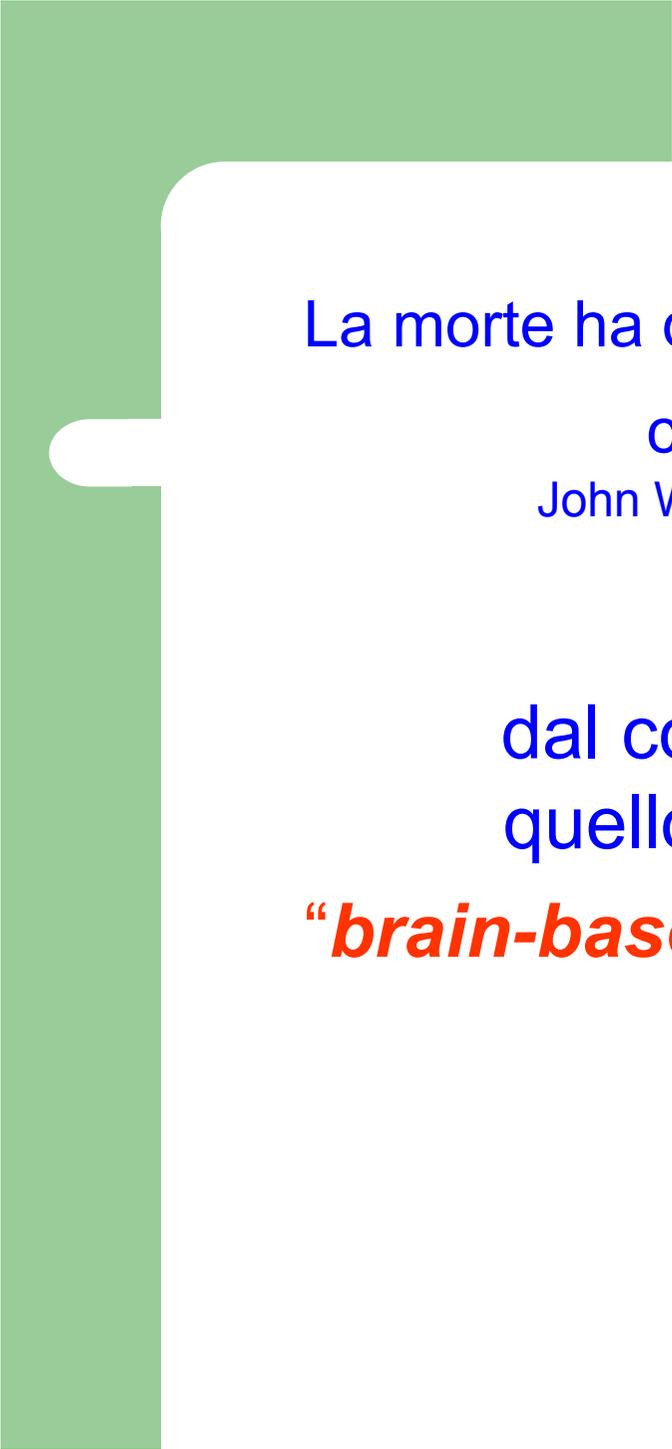
1959 “**coma dépassé**” Mollaret e Goulon

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

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

1981 “**linee guida**” Commissione 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**

A large green decorative shape on the left side of the slide, resembling a stylized letter 'F' or a bracket. It has a rounded top-left corner and a white semi-circular cutout on its left edge.

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 letter 'L' or a corner bracket. It has a rounded top-left corner and a white semi-circular cutout on its left vertical edge.

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

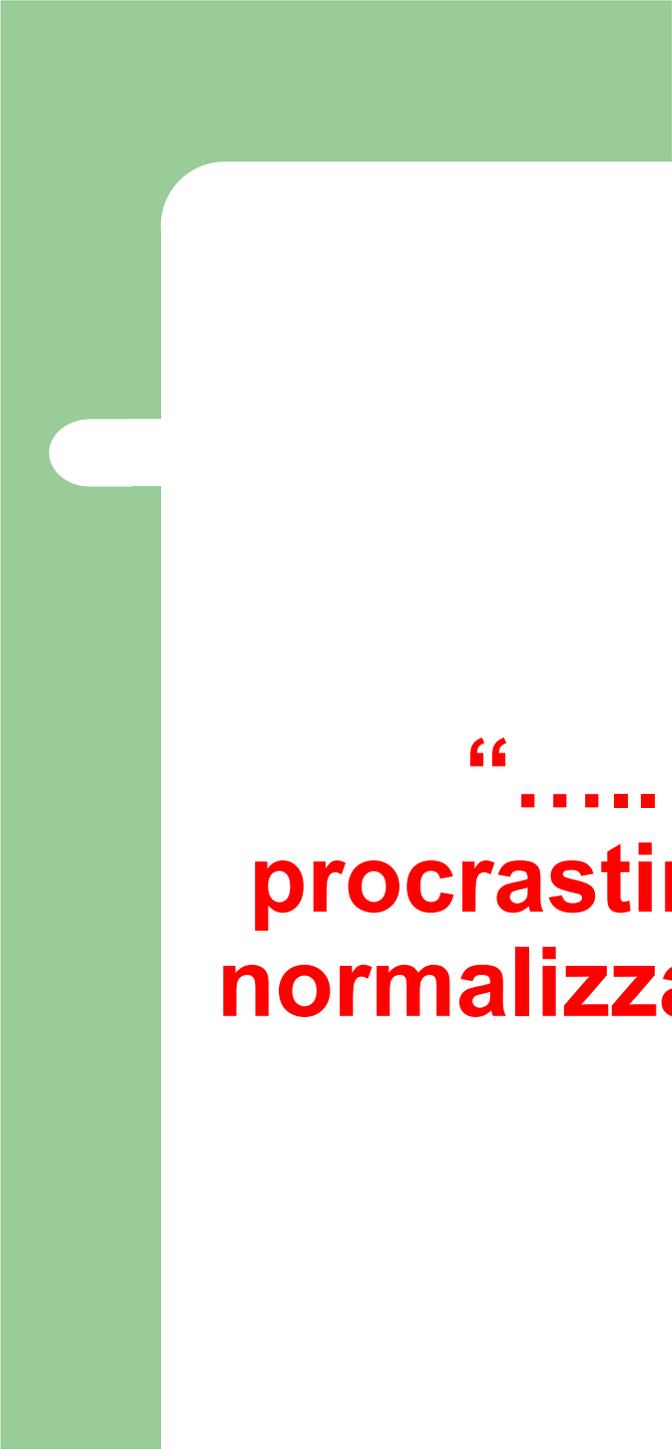
- riscaldamento (fino a + 32 °)

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 interelettrodica 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 supraorbitaria,
- 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

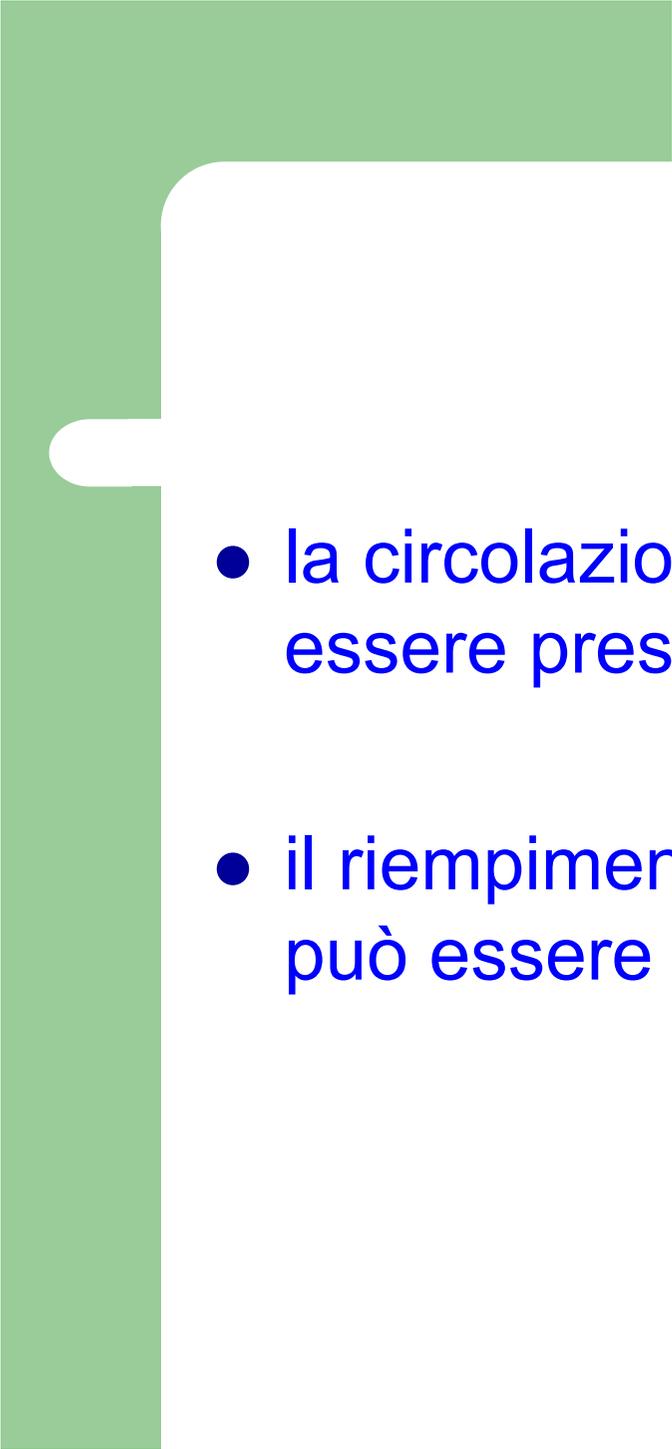
Valutazione del flusso cerebrale

- 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