

TERZA SESSIONE DIAGNOSTICA STRUMENTALE I: ELETTROENCEFALOGRAMMA

Morte cerebrale



*La richiesta di competenza
neurologica nel prossimo futuro
Quinta edizione*

Hotel Villa Pamphili, Roma
22-24 ottobre 2021

Sin
SOCIETÀ ITALIANA DI NEUROLOGIA



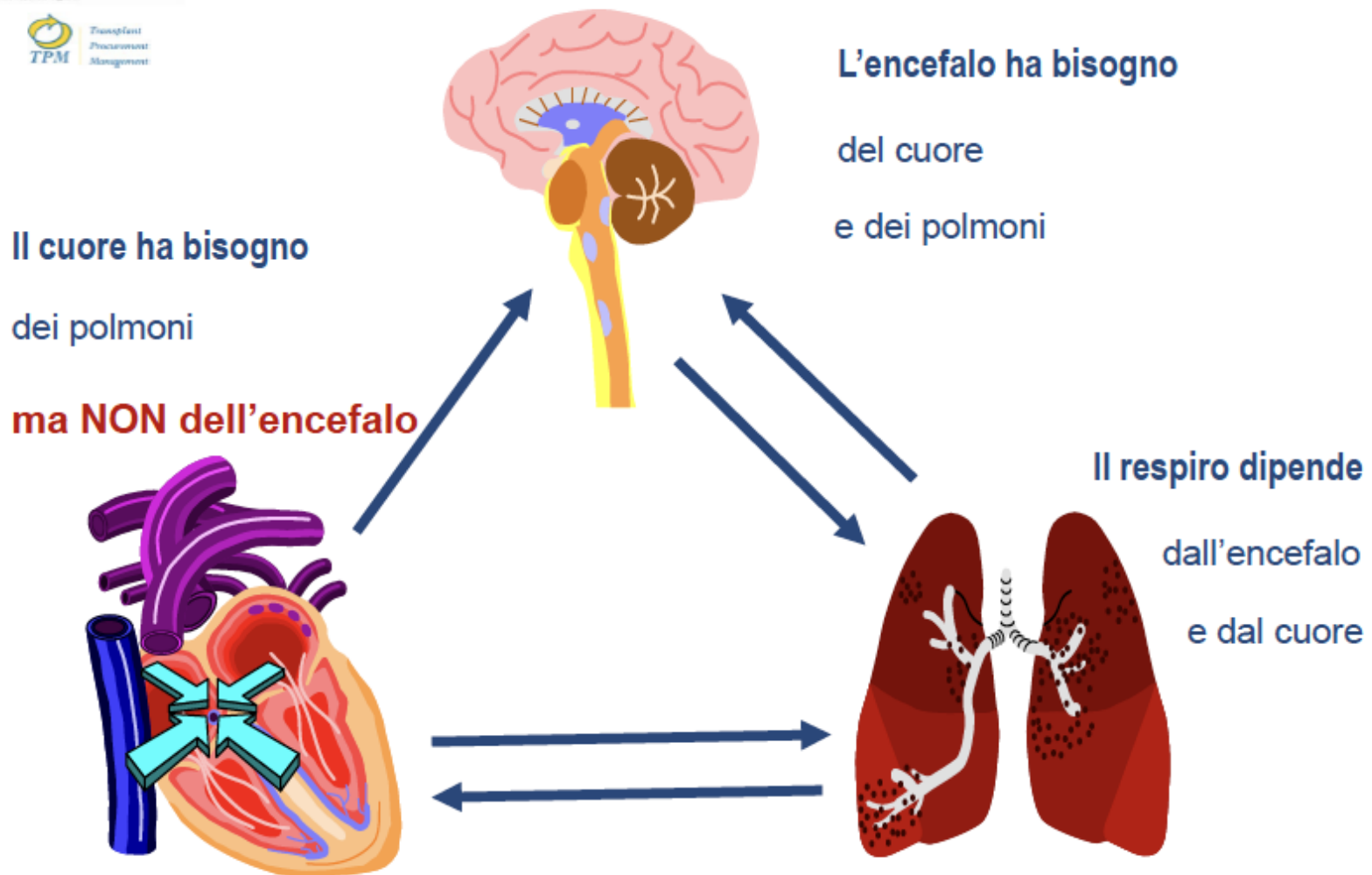
Sin
SEZIONE ITALIANA GIOVANI NEUROLOGI

Dr. Giovanni Assenza

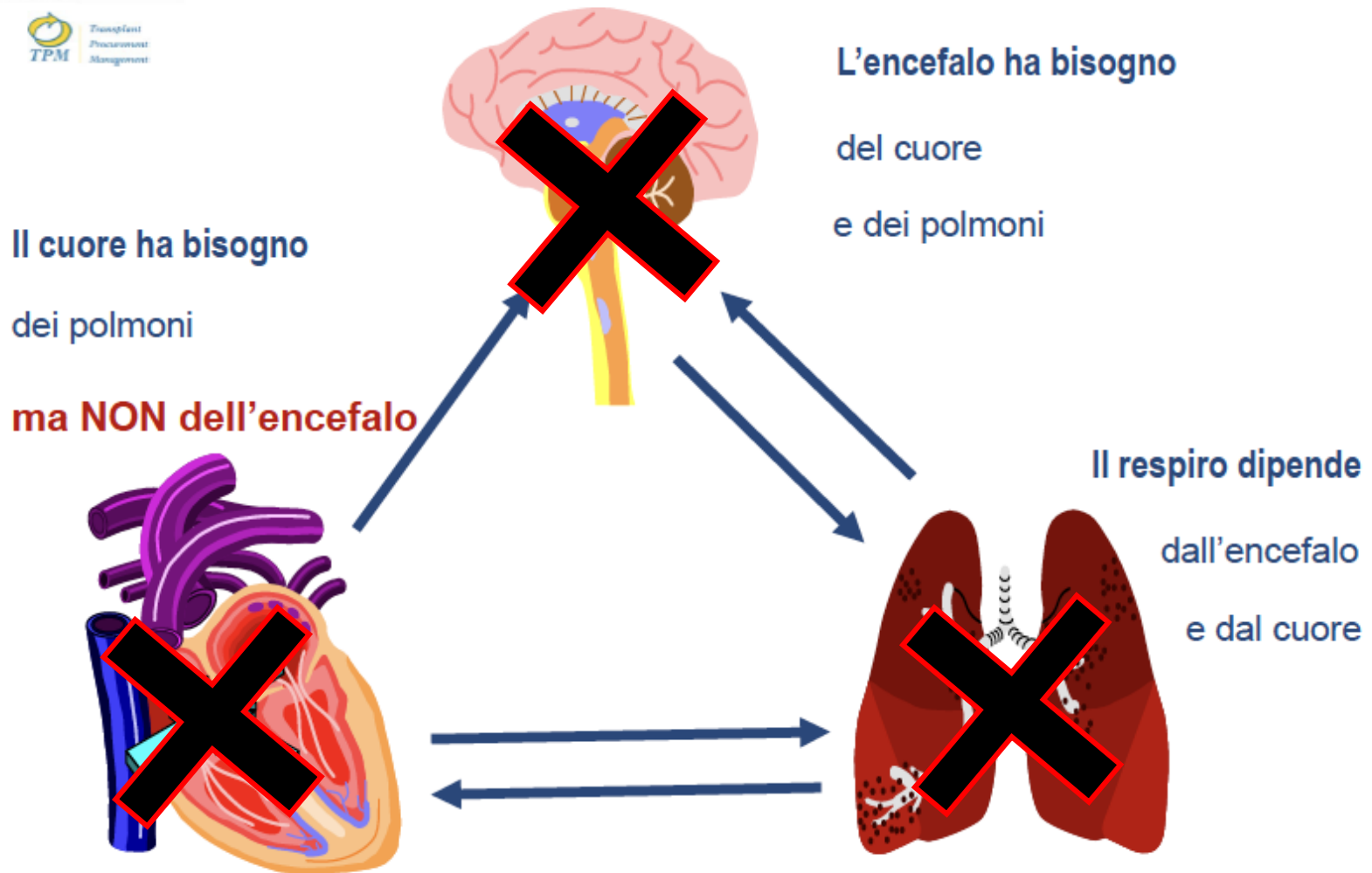
UNIVERSITA' CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA
Via Álvaro del Portillo, 21 - 00128 Roma - Italia
www.unicampus.it



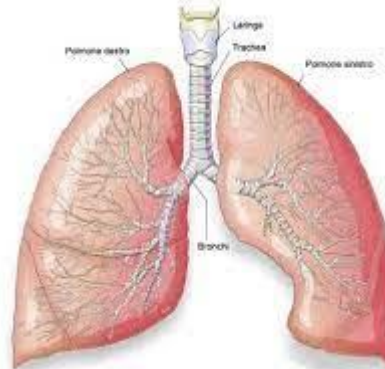
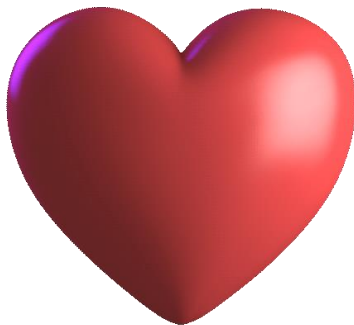
UNIVERSITA'
CAMPUS
BIO-MEDICO
DI ROMA



LA MORTE CHE CONOSCIAMO DA SEMPRE: MORTE CARDIACA



Ventilazione meccanica assistita



In 1968, the “Ad Hoc Committee of Harvard Medical School” defined brain death and described the criteria for its determination.

CRITERI

- assenza di farmaci depressori
- temperatura $> 32,2^{\circ}\text{C}$
- coma areflessico
- assenza di movimenti spontanei o provocati
- apnea al distacco dal ventilatore
- E.E.G. isoelettrico (“piatto”)
- 24 ore



JAMA 1968;205:337-340

1° Legge italiana: n. 644 -2/12/1975

Disciplina dei prelievi di parti di cadavere a scopo di trapianto terapeutico

Periodo di osservazione complessivo: almeno 12 ore

-Visita Neurologica ogni ora

-EEG ogni 4 ore per 3 volte (per 30' ogni volta)

stato di coma profondo accompagnato da:

-atonia muscolare

-areflessiatendinea dei mm.

innervati dai nn. cranici

-indifferenza dei riflessi plantari

-midriasi paralitica con assenza del riflesso corneale e pupillare



GAZZETTA UFFICIALE



LEGGE 29 dicembre 1993, n. 578

Norme per l'accertamento e la certificazione di morte. ([GU Serie Generale n.5 del 08-01-1994](#))

note: Entrata in vigore della legge: 23/1/1994

La Camera dei deputati ed il Senato della Repubblica hanno approvato;

IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA

PROMULGA

la seguente legge:

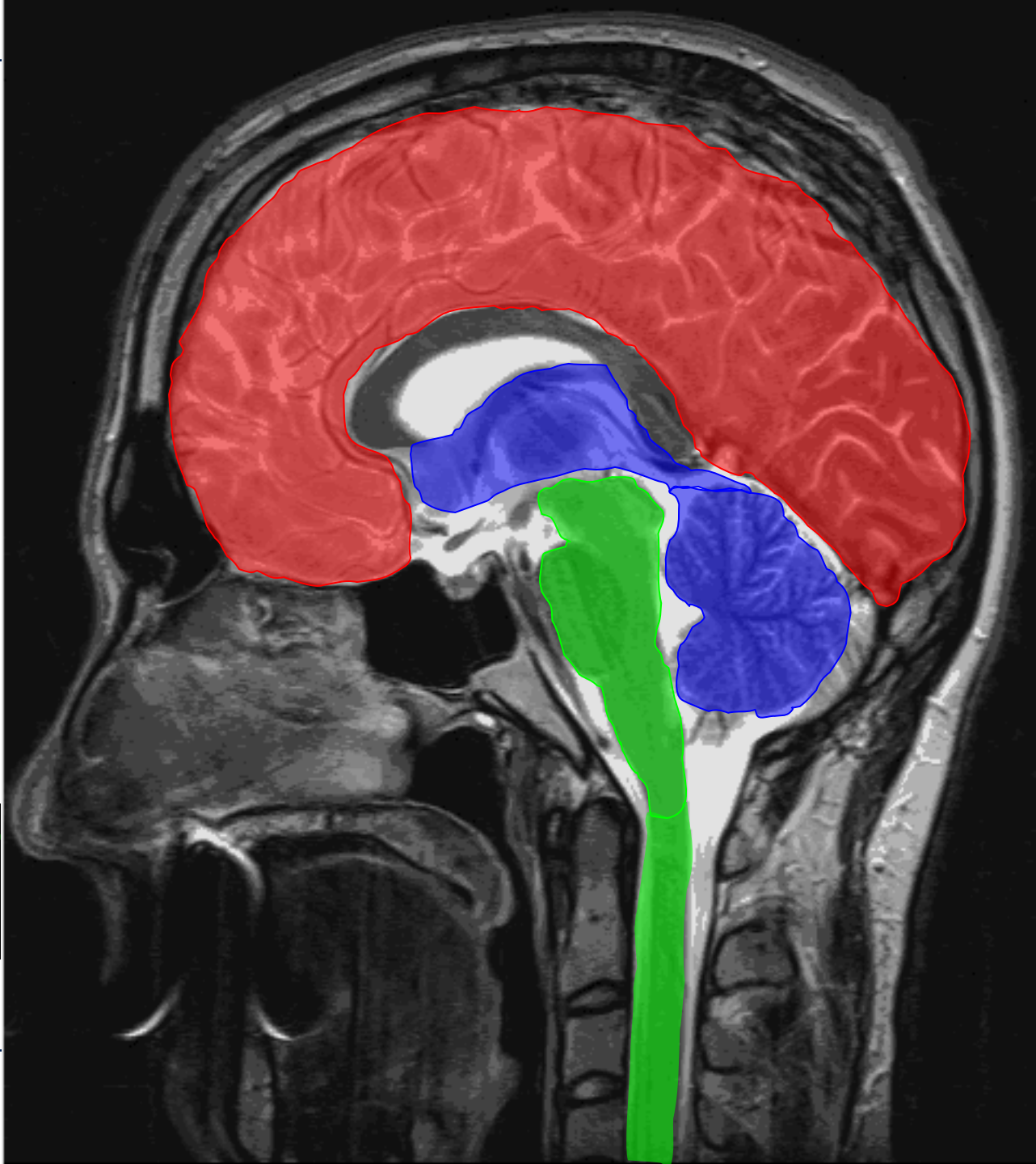
Art. 1. Definizione di morte

1. La morte si identifica con la cessazione irreversibile di tutte le funzioni dell'encefalo.

**CORTECCIA
CEREBRALE**
(AZIONI DIFFERITE
CONSAPEVOLEZZA)

**SIS.LIMBICO
TALAMO
NUCLEI BASALI
CERVELLETTO**
(AZIONI RIFLESSE)
COORD.SENSORI-MOTORIO

**TRONCOENCEFALO
E MIDOLLO**
Riflessi metamerici



GAZZETTA UFFICIALE

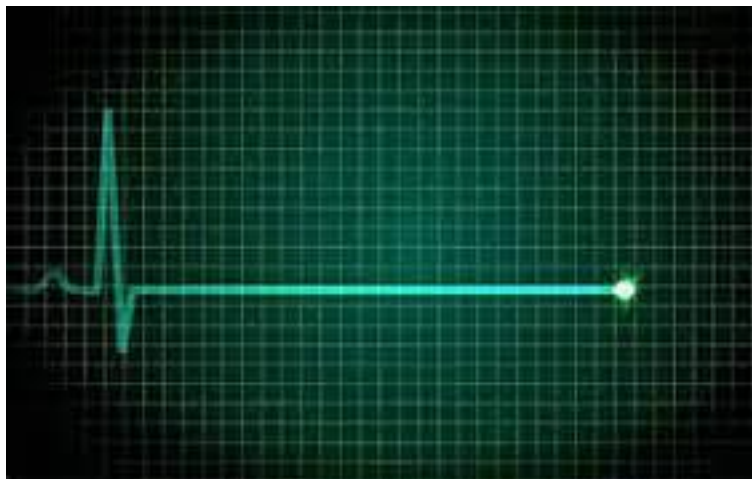


MINISTERO DELLA SALUTE

DECRETO 11 aprile 2008

Aggiornamento del decreto 22 agosto 1994, n. 582 relativo al: «Regolamento recante le modalita' per l'accertamento e la certificazione di morte». ([GU Serie Generale n.136 del 12-06-2008](#))

Art. 1. Accertamento della morte e arresto cardiaco 1. In conformita' all'art. 2, comma 1, della legge 29 dicembre 1993, n. 578, l'accertamento della morte per arresto cardiaco puo' essere effettuato da un medico con il rilievo continuo dell'elettrocardiogramma protratto per non meno di 20 minuti primi, registrato su supporto cartaceo o digitale.





MINISTERO DELLA SALUTE

DECRETO 11 aprile 2008

Aggiornamento del decreto 22 agosto 1994, n. 582 relativo al: «Regolamento recante le modalita' per l'accertamento e la certificazione di morte». ([GU Serie Generale n.136 del 12-06-2008](#))

Art. 2. Requisiti clinico-strumentali per l'accertamento della morte nei soggetti affetti da lesioni encefaliche e sottoposti a trattamento rianimatorio 1. Nei soggetti affetti da lesioni encefaliche sottoposti a trattamento rianimatorio, salvo i casi particolari indicati al comma 2, le condizioni che, ai sensi della legge 29 dicembre 1993, n. 578, art. 3, impongono al medico della struttura sanitaria di dare immediata comunicazione alla Direzione sanitaria dell'esistenza di un caso di morte per cessazione irreversibile di tutte le funzioni dell'encefalo, sono:

- a) assenza dello stato di vigilanza e di coscienza, dei riflessi del tronco encefalico e del respiro spontaneo;
- b) assenza di attivita' elettrica cerebrale;
- c) assenza di flusso ematico encefalico, nelle situazioni particolari previste al comma 2.



Definizione di morte cerebrale:

- assenza dello stato di vigilanza e di coscienza
- assenza dei riflessi del tronco encefalico (fotomotore; corneale; reazioni da stimoli dolorifici nel territorio del n. trigemino e del n. facciale; oculo-vestibolare; faringeo e carenale)
- assenza di respiro spontaneo dopo distacco momentaneo della ventilazione artificiale (documentata da $pCO_2 \geq 60$ mmHg e $pH < 7,40$)
- silenzio elettrico cerebrale (documentato da registrazione EEG obbligatoria eseguita per 30 minuti, con apparecchi analogici o digitali, secondo parametri stabiliti per legge)

Certezza eziopatogenetica della lesione encefalica ed esclusione di:

- alterazioni dell'omeostasi termica, cardiocircolatoria, respiratoria ed endocrino-metabolica di grado tale da interferire sul quadro clinico-strumentale complessivo

Dimostrazione dell'assenza del flusso ematico cerebrale in caso di:

- bambini di età < 1 anno
- presenza di farmaci depressori del SNC di grado tale da interferire sul quadro clinico-strumentale complessivo
- situazioni che non consentono una diagnosi eziopatogenetica certa o che impediscono l'esecuzione dei riflessi del tronco o dell'EEG

Durata del periodo di osservazione:

- non inferiore a 6 ore

Note:

- nel neonato l'accertamento di morte può essere eseguito solo se la nascita è avvenuta dopo la 38ª settimana gestazionale e comunque dopo 1 settimana di vita extrauterina
- in caso di lesione encefalica da insulto anossico l'osservazione deve iniziare dopo le 24 ore, a meno che non si verifichi l'assenza di flusso

Numero di osservazioni:

- 2 osservazioni, all'inizio e alla fine del periodo (la verifica dell'assenza di flusso non va ripetuta)

Collegio medico:

- medico legale (o medico di Direzione Sanitaria o anatomo-patologo)
- anestesista-rianimatore
- neurofisiopatologo (o in mancanza neurologo o neurochirurgo esperto in EEG)

Personale tecnico:

- l'EEG deve essere eseguito da tecnici di neurofisiopatologia, sotto supervisione medica
-



24 giugno 2010

3.5. La posizione del CNB

Malgrado le diverse critiche sia scientifiche che filosofiche avanzate contro la morte cerebrale totale (morte encefalica), il CNB ritiene che lo standard neurologico mantenga la sua validità biologica e morale.

La morte cerebrale totale significa l'arresto irreversibile di tutta l'attività del cervello (emisferi e tronco cerebrale). Quando è dimostrato che l'encefalo ha perso totalmente e irreversibilmente le sue attività e funzioni possiamo dire che l'individuo è morto, perché l'organismo ha cessato di esistere.

5.5. Per quanto riguarda l'accertamento della morte con criteri neurologici, il Comitato:

- ritiene accettabili solo quelli che fanno riferimento alla c.d. "morte cerebrale totale" e alla c.d. "morte del tronco encefalo", intese come danno cerebrale totale, irreparabile che ha provocato uno stato di coma irreversibile, dove il supporto artificiale è avvenuto in tempo a prevenire o trattare l'arresto cardiaco atossico;

Collegio di accertamento di morte cerebrale



Nell'accertamento della condizione di cessazione irreversibile di tutte le funzioni dell'encefalo, in concomitanza con i parametri clinici riportati in art. 3, deve essere evidenziata l'assenza di attività elettrica cerebrale definita come



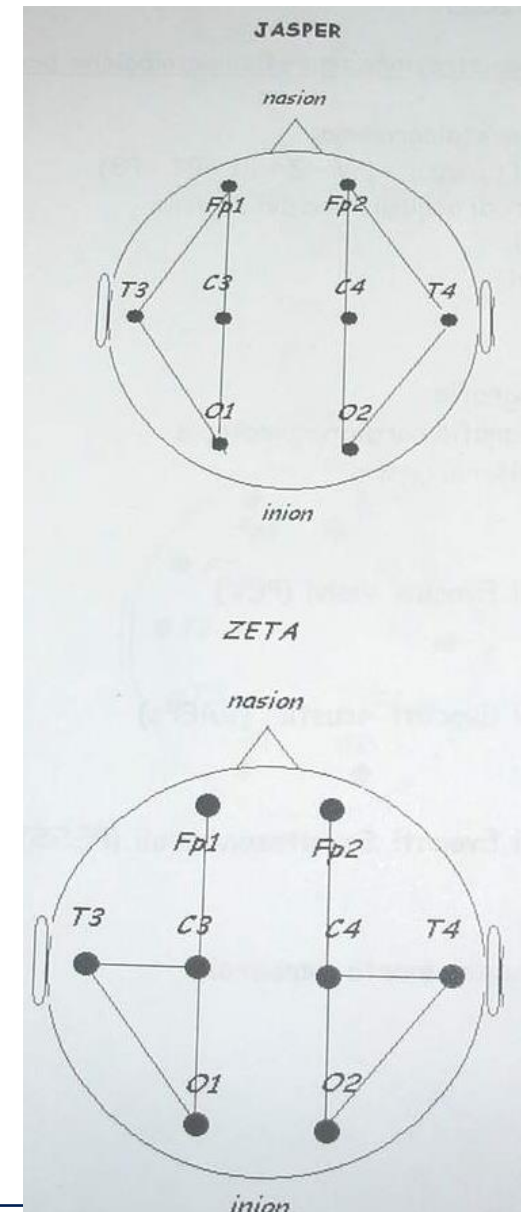
assenza di «attività elettrica di origine cerebrale spontanea e provocata, di ampiezza superiore a 2 microVolts su qualsiasi regione del capo per una durata continuativa di 30 minuti»

DM dell'11/4/2008 –GU n.136 del 12/6/2008

La condizione di silenzio elettrico cerebrale deve essere accertata con la seguente metodologia:

utilizzo di **almeno 8 elettrodi** posti simmetricamente sullo scalpo, secondo il Sistema 10-20 Internazionale, in modo da esplorare tutte le aree cerebrali (Fp2, C4, T4, O2, Fp1, C3, T3, O1);

Sono previsti almeno 8 elettrodi, ma secondo le necessità possono esserne aggiunti altri: ad esempio l'elettrodo Cz di cui è noto il largo impiego nella letteratura internazionale data l'alta sensibilità nel rilevare eventuali attività EEG residue, di basso voltaggio, della linea mediana cerebrale.





E' chiaro che in caso di impedimenti tecnici (fratture ossee) nelle zone degli elettrodi suddetti è possibile applicare gli altri elettrodi identificati dal Sistema 10-20.



to Morte - Corso EEG

Metodologia strumentale

Le derivazioni possono essere bipolari con distanza interelettrodica non inferiore a 10 cm e/o monopolari (con elettrodi di riferimento biauricolari);

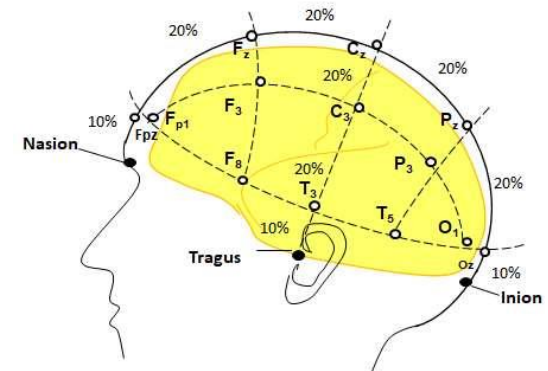
Sono 3 i punti da chiarire:

1) Distanza interelettrodica: come è ben noto aumentando la distanza tra 2 elettrodi si ha un proporzionale aumento dell'ampiezza del segnale EEG. Questo fino ad una distanza massima di 10-12 cm. Oltre tale distanza non si ha alcun ulteriore aumento del segnale registrato e si rischia di evidenziare maggiormente attività artefattuali (ad es. ECG...). In proposito va comunque precisato che il valore di 10 cm si riferisce allo scalpo di adulti. Di conseguenza nel caso di neonato andrebbe utilizzata una distanza proporzionata allo scalpo del paziente in esame.

Sono due i problemi connessi all'impiego di derivazioni monopolari, ovvero di riferimento con elettrodi biauricolari:

1) un eventuale artefatto presente sull'elettrodo di riferimento comune, passerebbe su tutte le derivazioni rendendo più difficile la distinzione tra attività artefattuali ed eventuali attività elettriche cerebrali.

2) utilizzando come riferimento gli elettrodi auricolari si ha un ulteriore aumento in ampiezza dell'artefatto da ECG.



Le impedenze interelettrodeiche devono essere comprese tra 0,1 e 10 KOhms;

- Sono questi i valori limite. Occorre ricordare che se i 2 elettrodi che formano una derivazione hanno una impedenza molto diversa fra loro, possono provocare uno sbilanciamento dell'amplificatore, e conseguente registrazione di artefatti da interferenze elettriche di rete a 50 Hz, la cosiddetta alternata.
- Pertanto è preferibile avere entrambi gli elettrodi alla medesima, alta impedenza di 10 KOhms, piuttosto che uno a 100 Ohms e l'altro a 10K Ohms
- Sono ben note le modalità per ottenere impedenze adeguate ai vari tipi di elettrodi utilizzati. In proposito, le cuffie ad elettrodi predisposti (tipo Medicap) danno risultati ottimali, ma richiedono una importante precauzione: evitare la applicazione eccessiva di pasta conduttrice, che potrebbe diminuire erroneamente la distanza interelettrodeica fino a provocare una falsa depressione del segnale elettroencefalografico (i cosiddetti «ponti»)

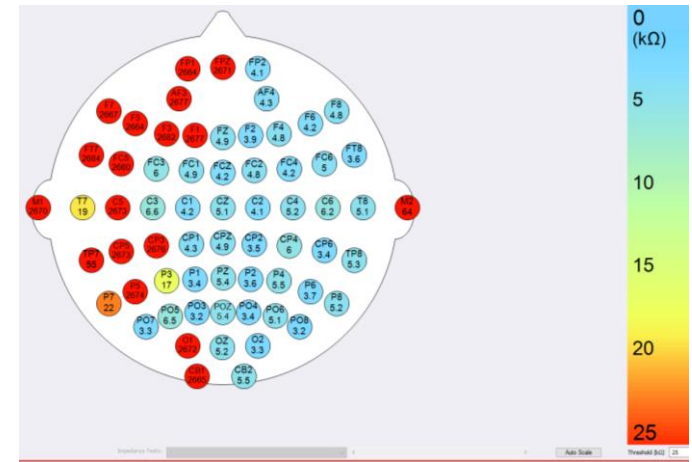
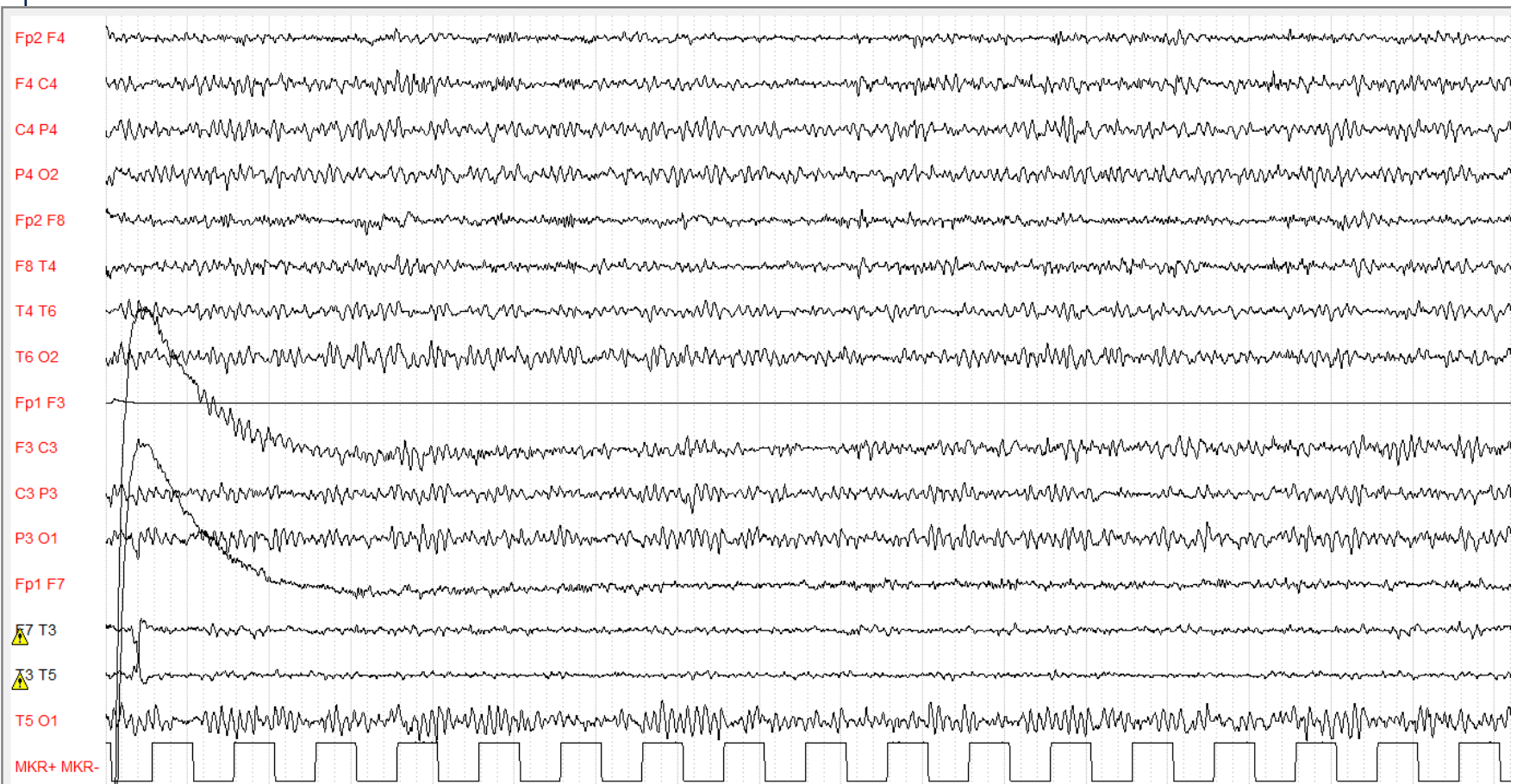
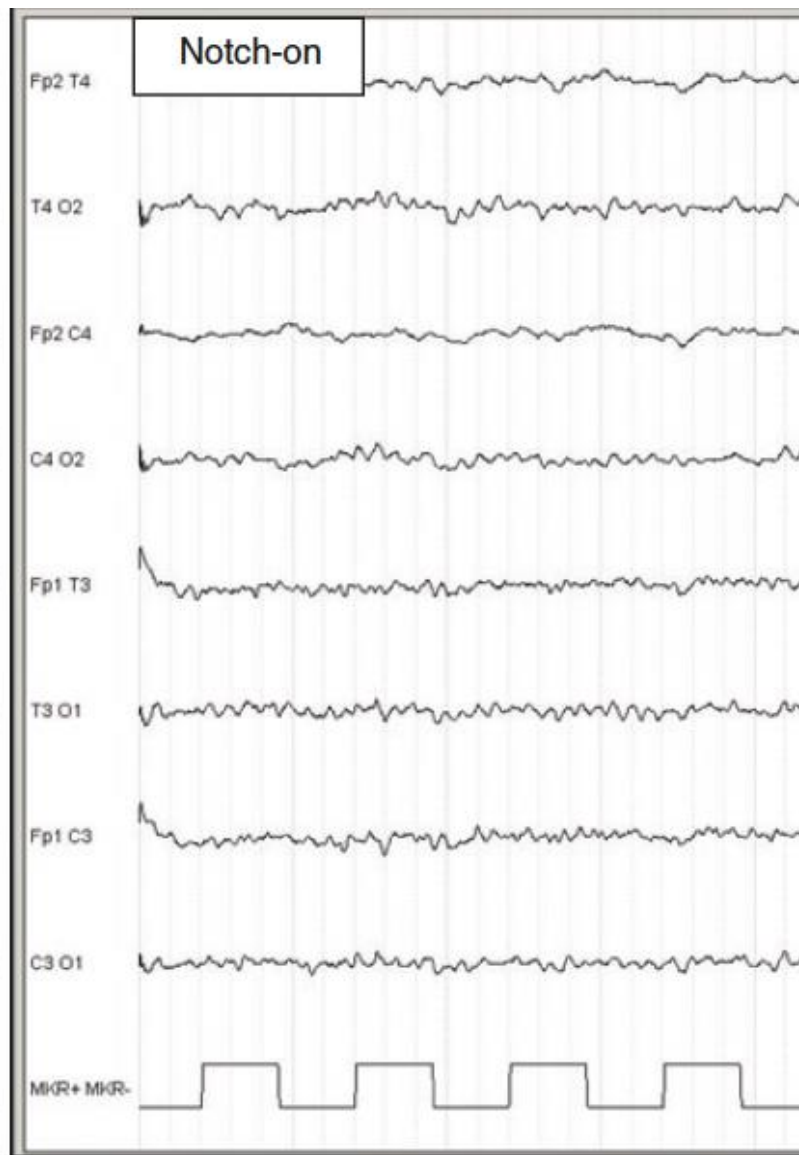
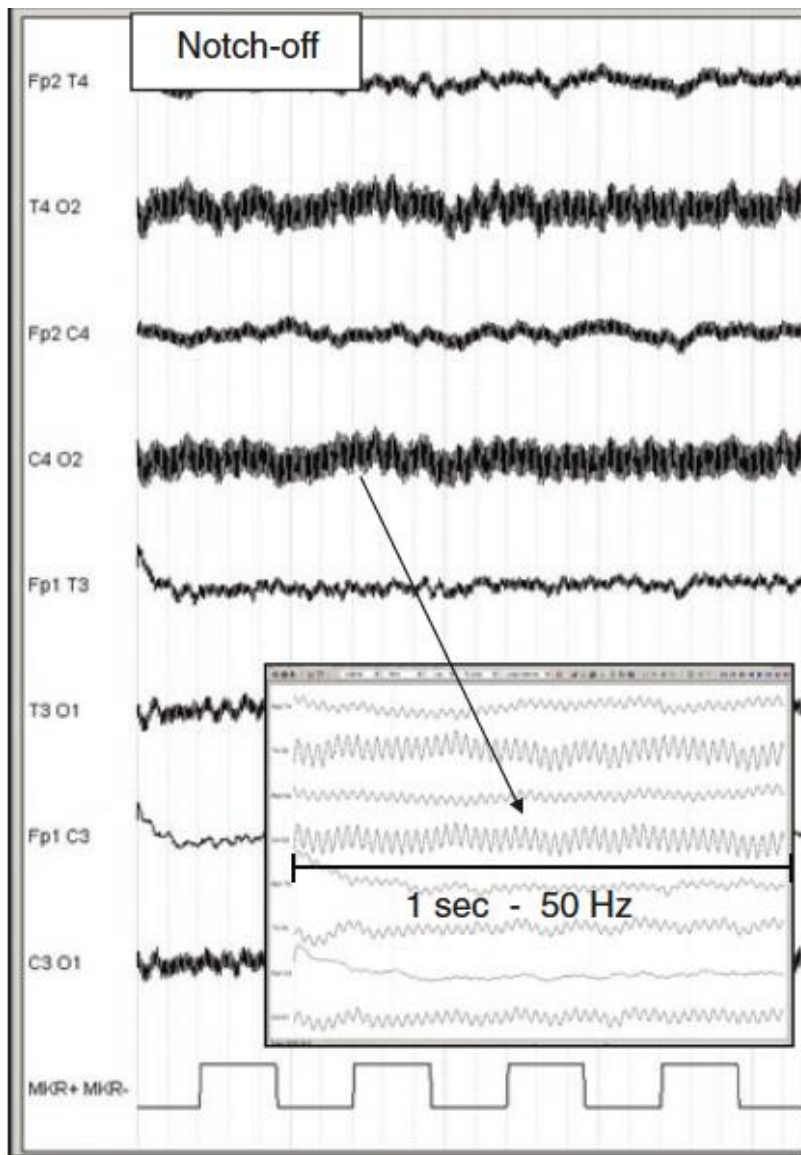


Figura artefatto monopolare



Accorgimenti tecnici: artefatti



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

L'amplificazione di 2 microVolts per millimetro corrisponde per alcune apparecchiature a 20 microVolts per centimetro.

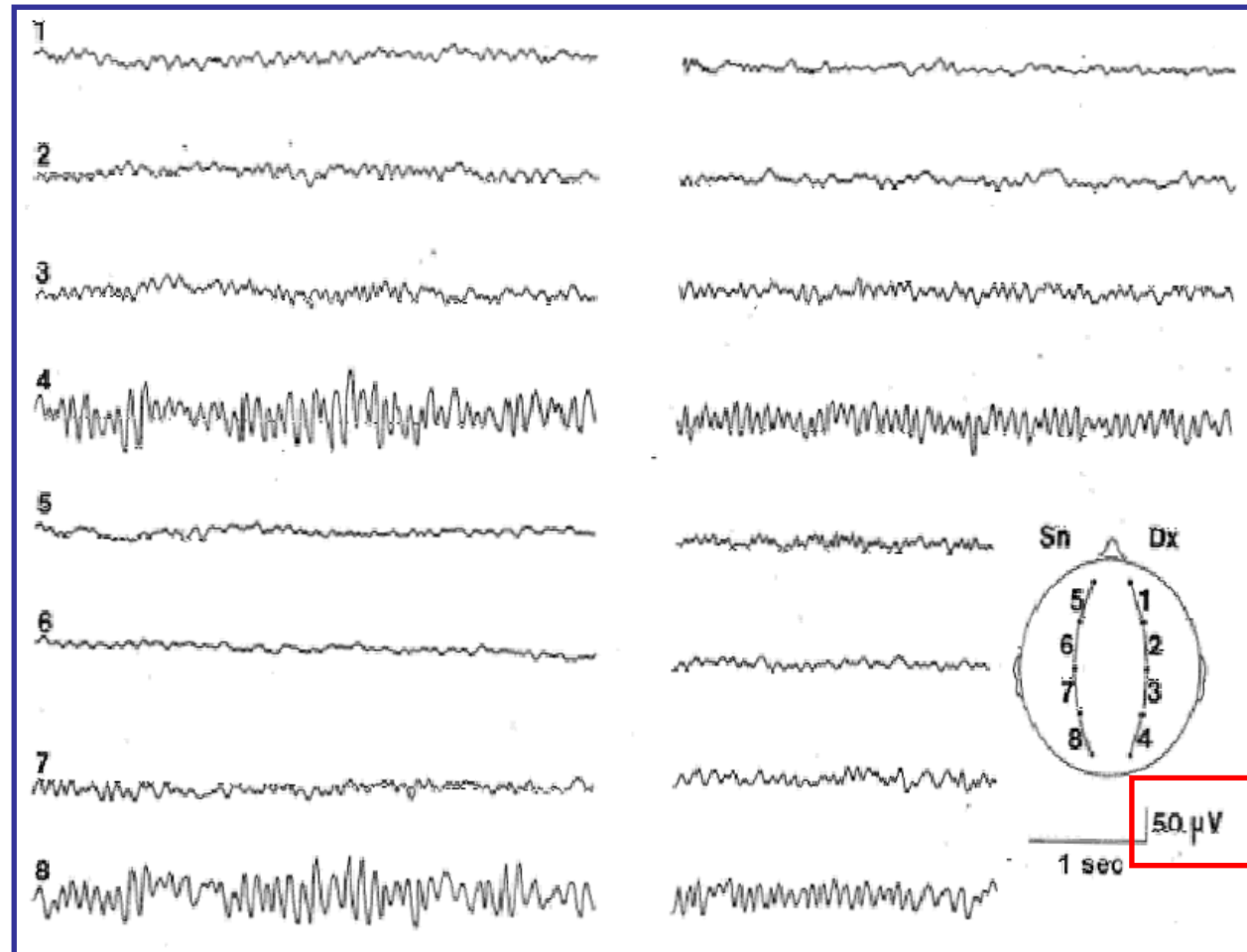
Il segnale di calibrazione deve essere adeguato alla sensibilità utilizzata.

Applicando un segnale di calibrazione di 50 microVolts (come in genere nelle registrazioni di routine) con una sensibilità di 7 microVolts/mm, si ha una deflessione della penna pari a 7 mm.

Elevando la sensibilità a 2 microVolts/mm e mantenendo il segnale di calibrazione a 50 micro Volts, si ha invece una deflessione di 25 mm; tale deflessione, oltre a non essere misurabile correttamente a causa della saturazione, rischia di danneggiare il sistema scrivente per effetto dell'urto meccanico delle penne.

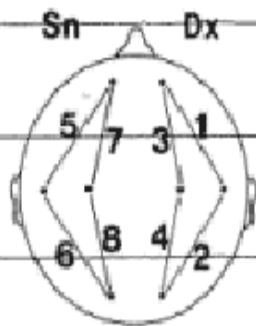
Per questo è opportuno (come è citato nella legge) effettuare una calibrazione con un segnale di 10 microVolts con l'amplificazione di 2 microVolts/mm.

ELETTROENCEFALOGRAMMA NORMALE RITMO DI FONDO A 10-11 C.S.

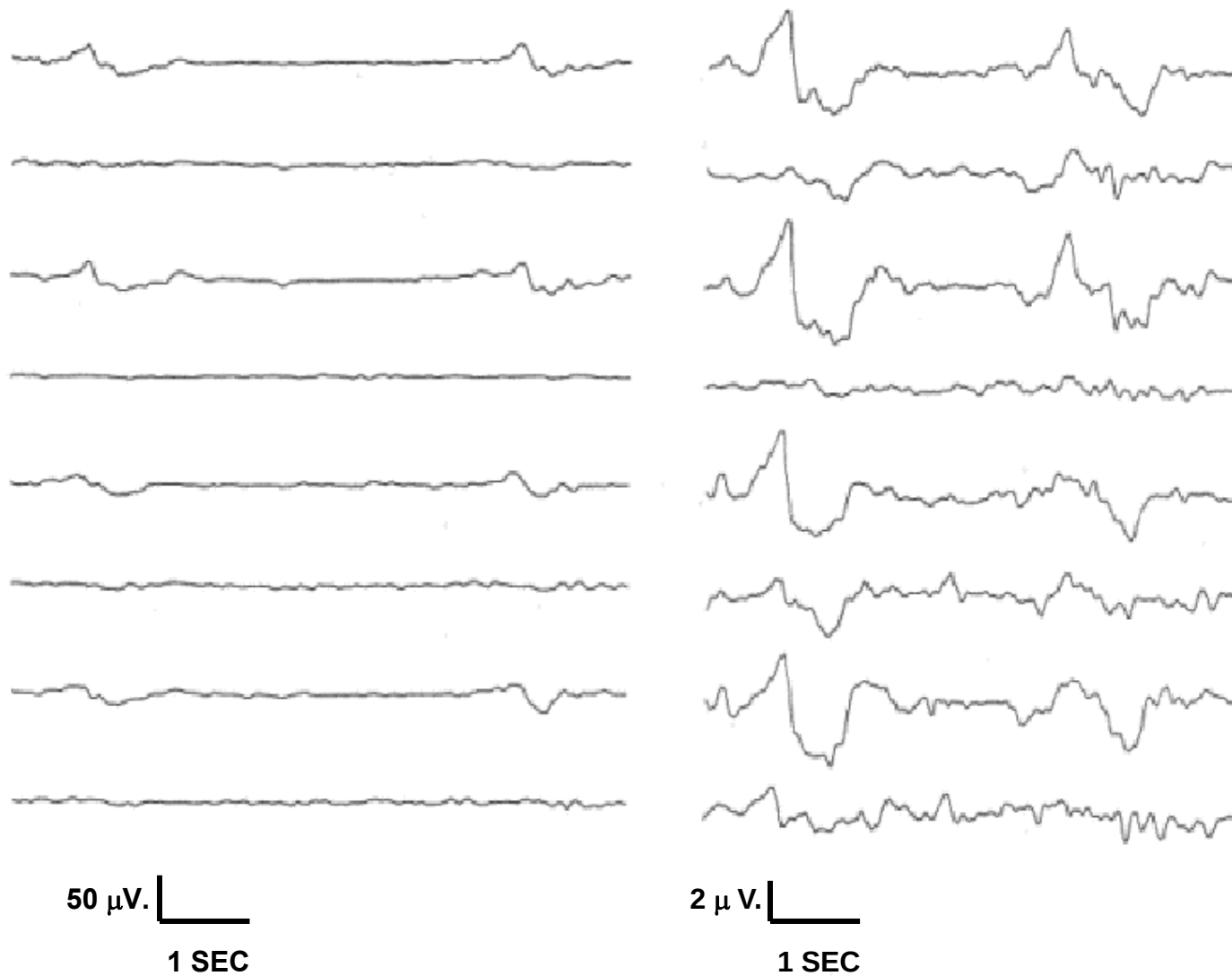


EEG: ASSENZA DI ATTIVITA' ELETTRICA (*EEG PIATTO*)

2 μ V. |
1 SEC



Metodologia strumentale: amplificazione



Metodologia strumentale: costante di tempo

«Nel corso della registrazione vanno utilizzate almeno due costanti di tempo (di 0,1 e di 0,3 secondi)»

La costante di tempo è sinonimo di filtro passa alto.

I valori delle frequenze di taglio sono di 1,6 Hertz (costante di tempo 0,1 secondo) e 0,53 Hertz (costante di tempo 0,3 secondi).

Occorre documentare con segnali di calibrazione appropriati ogni modifica effettuata sulle costanti di tempo ed i filtri delle alte frequenze.

Nella Legge manca ogni riferimento al filtro delle alte frequenze ed al filtro notch (frequenza di taglio fra 48 e 52 Hertz)

A livello Internazionale viene raccomandato un filtro delle alte frequenze non inferiore a 30 Hertz.

Viene suggerito l'uso del filtro notch che riduce o meglio elimina l'alternata pur non influenzando sul segnale EEG registrato.

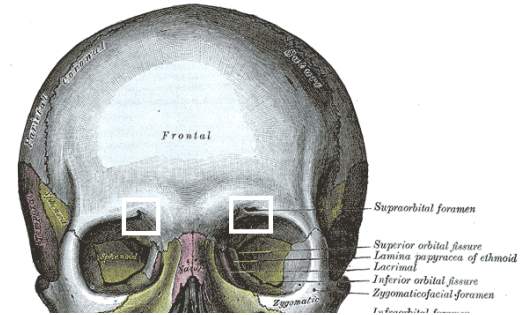


Metodologia strumentale: reattività

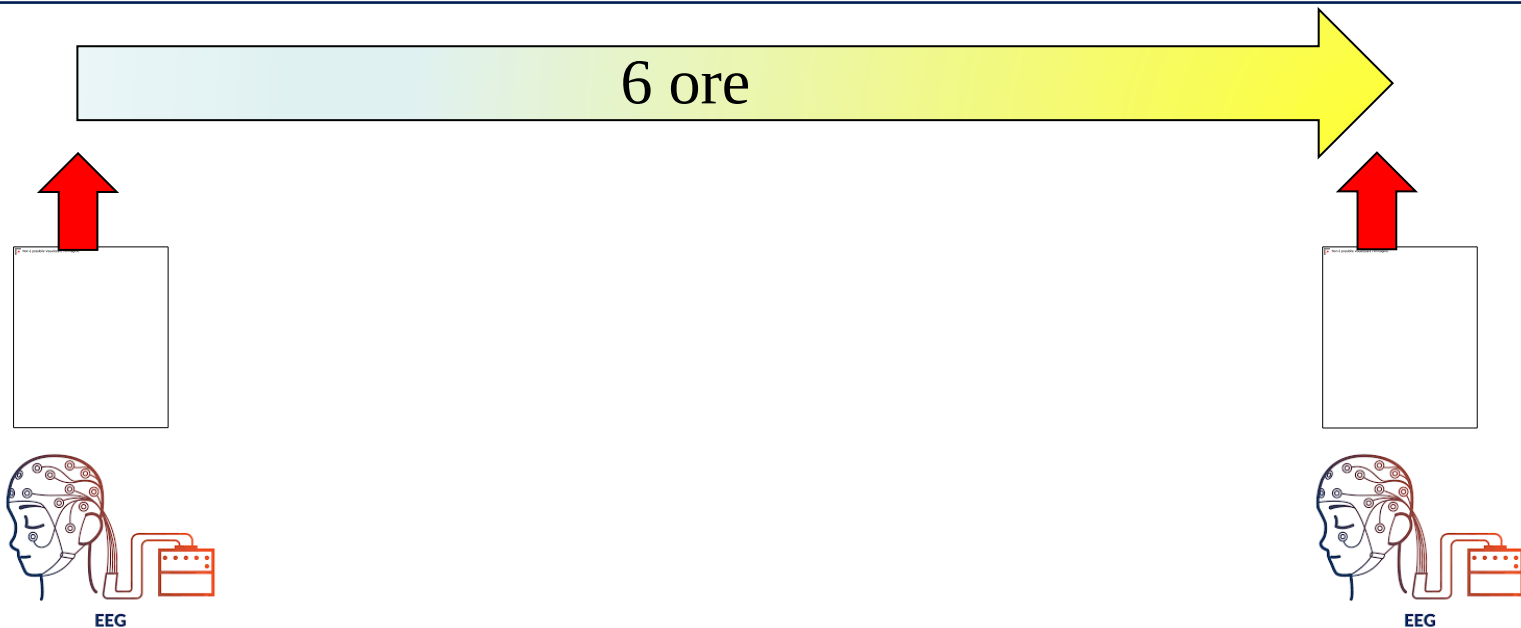
Durante l'esame va ripetutamente valutata la reattività nel tracciato elettroencefalografico a vari tipi di stimolazione sensoriale (acustiche, nocicettive)

Le parti del corpo più sensibili allo stimolo doloroso sono: l'arcata sopraorbitaria, l'estremità delle dita della mano sul letto ungueale, i capezzoli e lo sterno.

Occorre segnare sul tracciato il momento esatto dello stimolo e le eventuali risposte motorie del paziente.



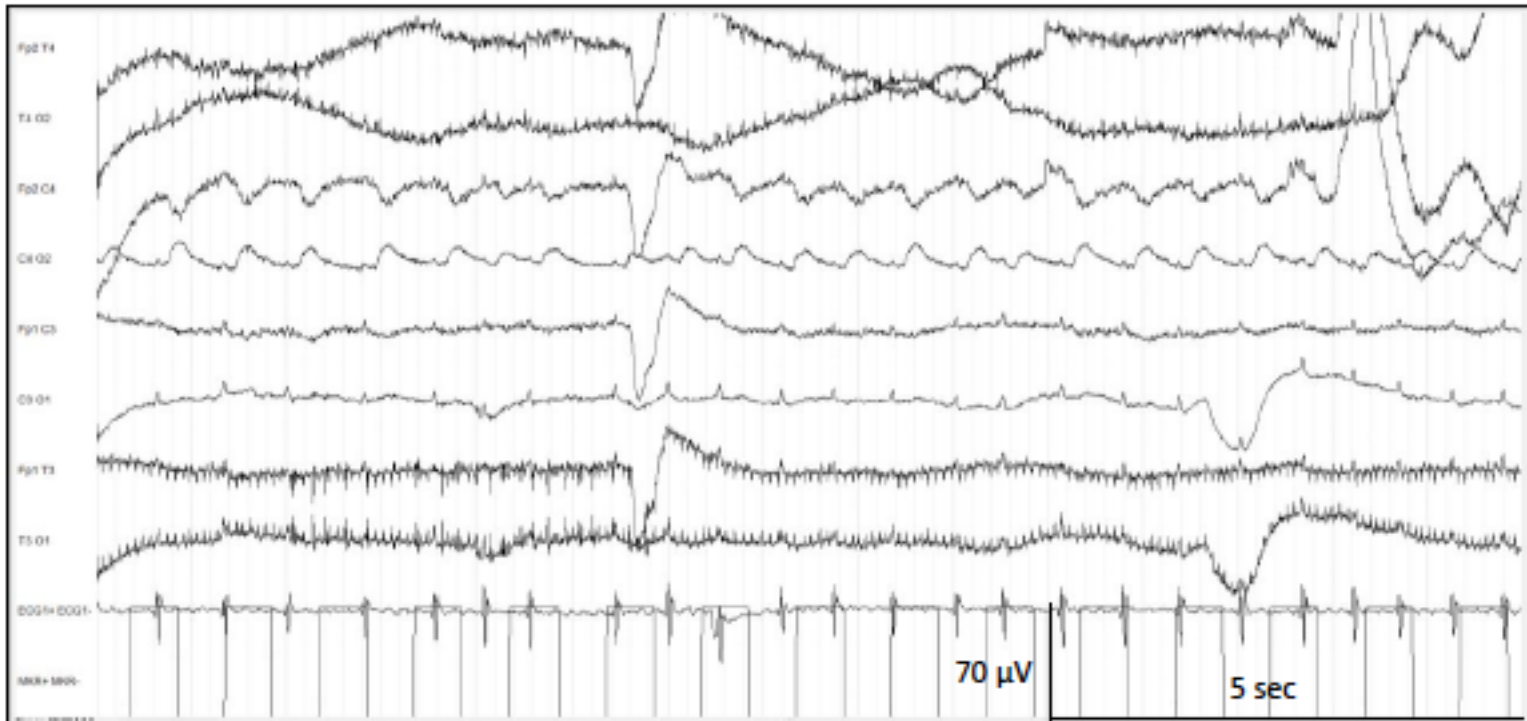




> 30 minuti x 2

Durata dell'osservazione:

- 6 ore per gli adulti e i bambini in età superiore a 5 anni; dopo il primo esame, il secondo va effettuato alla terza ora di osservazione e il terzo alla sesta ora.
- 12 ore per i bambini di età compresa tra 1 e 5 anni; secondo esame alla sesta ora e terzo esame alla dodicesima ora.
- 24 ore nei bambini di età inferiore a 1 anno; secondo esame alla dodicesima ora e terzo esame alla ventiquattresima ora.



Accorgimenti tecnici: artefatti

Poichè artefatti provenienti dall'ambiente di registrazione e/o dal paziente in esame possono essere responsabili di attività ritmica, pseudoritmica 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 a al movimento del respiratore automatico. Il loro riconoscimento è facilitato monitorizzando l'ECG e il respiro.

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)

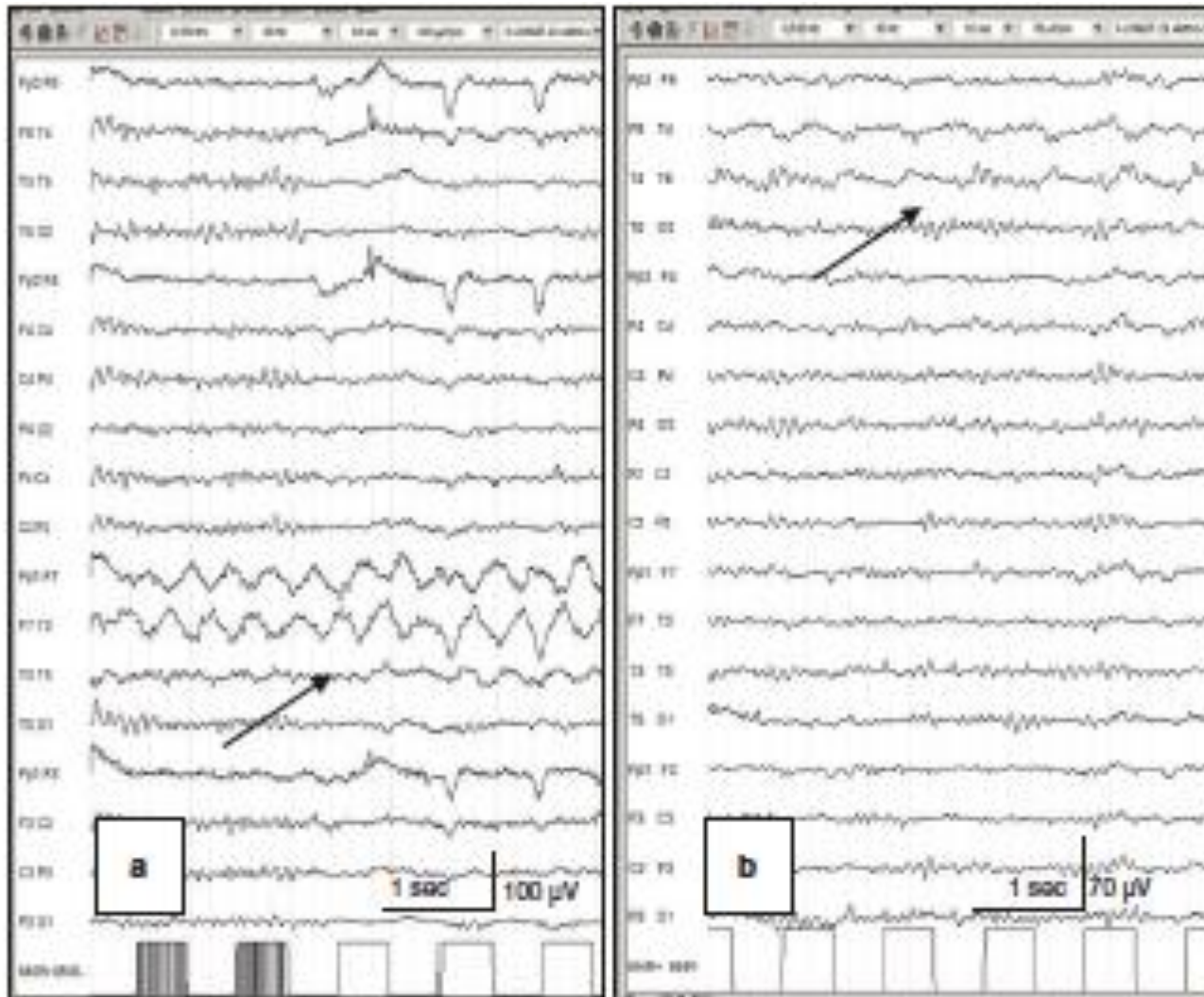
Proprio la presenza degli artefatti richiede che il personale tecnico oltre ad essere specificamente qualificato sia anche particolarmente esperto nella registrazione EEG in reparti di terapia intensiva.



Accorgimenti tecnici: artefatti



Accorgimenti tecnici: artefatti



Mecarelli e AA 2019

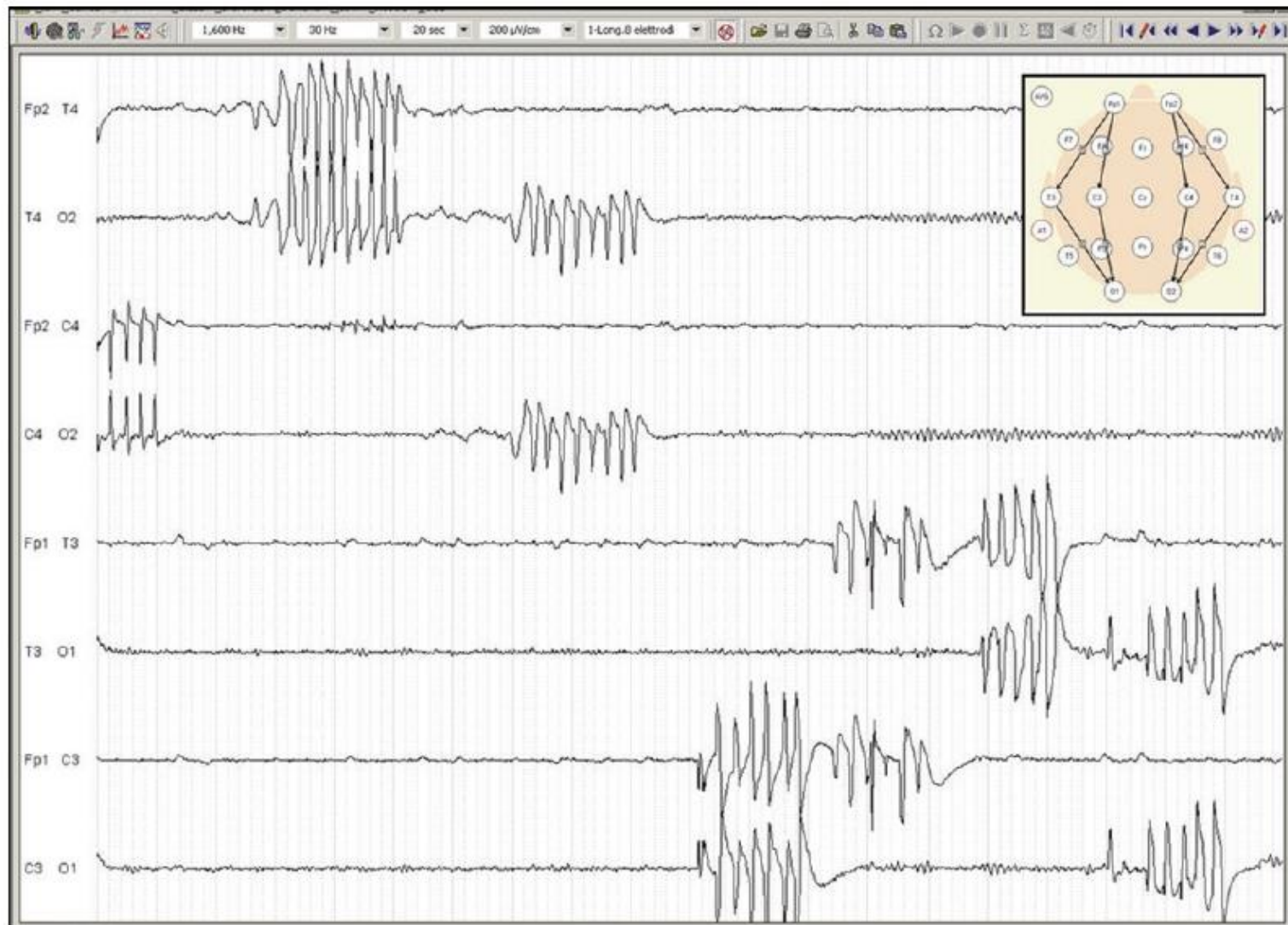


Fig. 8.14 Artifact due to the percussion on cup electrodes by technician, in order to check their correct positioning and connection

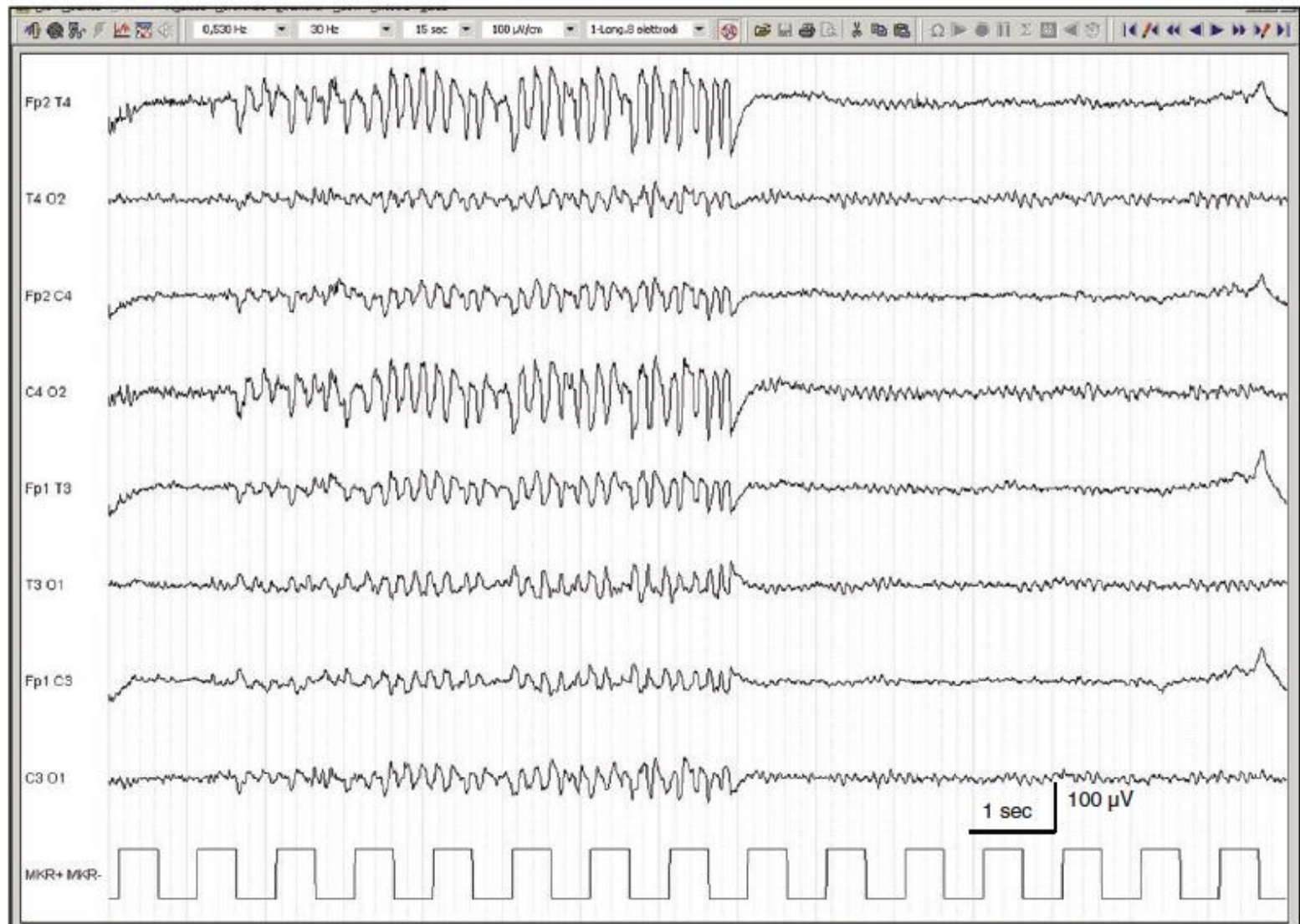


Fig. 8.16 Rhythmic wire oscillation artifact

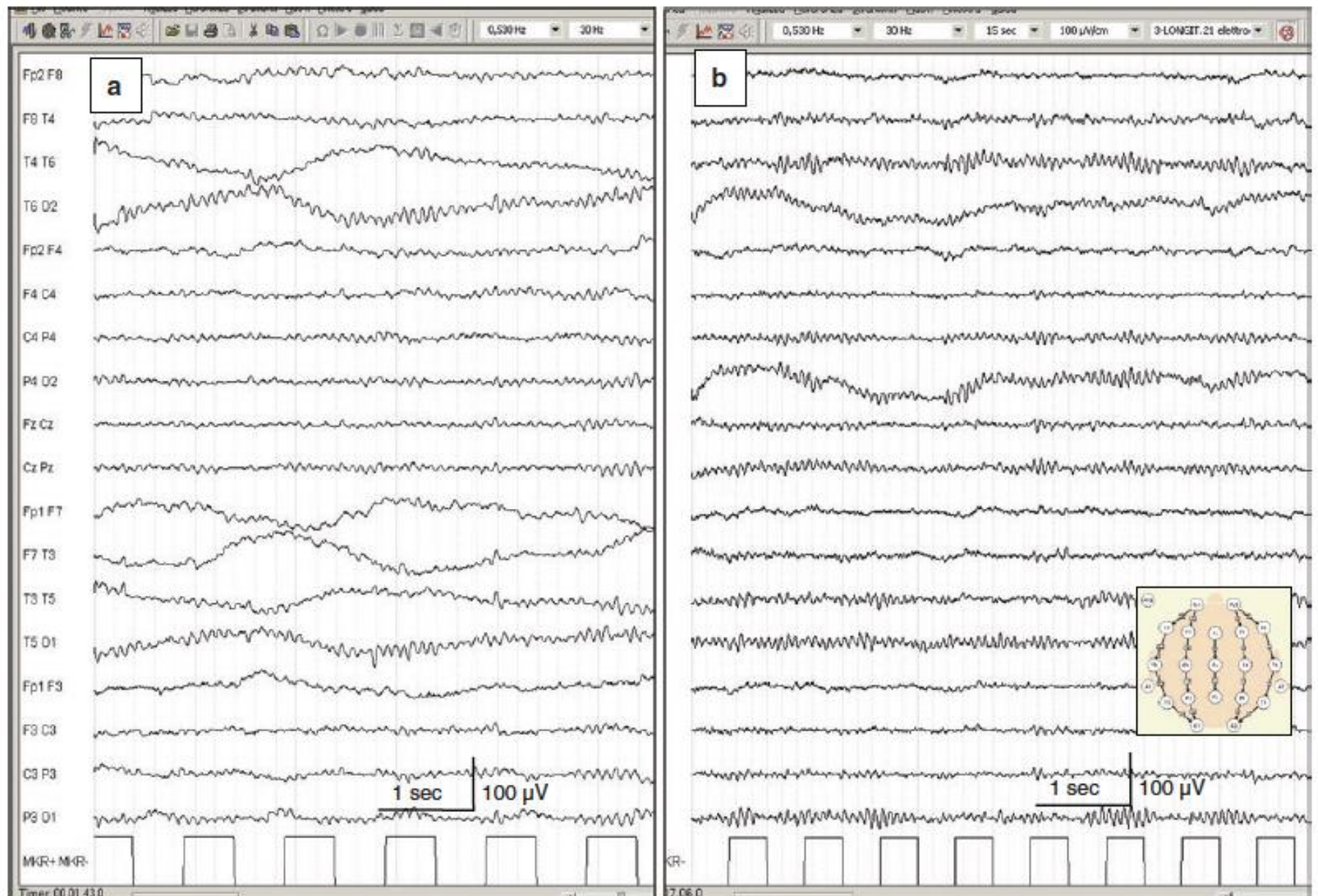


Fig. 8.10 ElectroDermoGram (EDG) artifacts: two examples (a, b) in different scalp regions

Mecarelli e AA 2019

Accorgimenti tecnici: artefatti

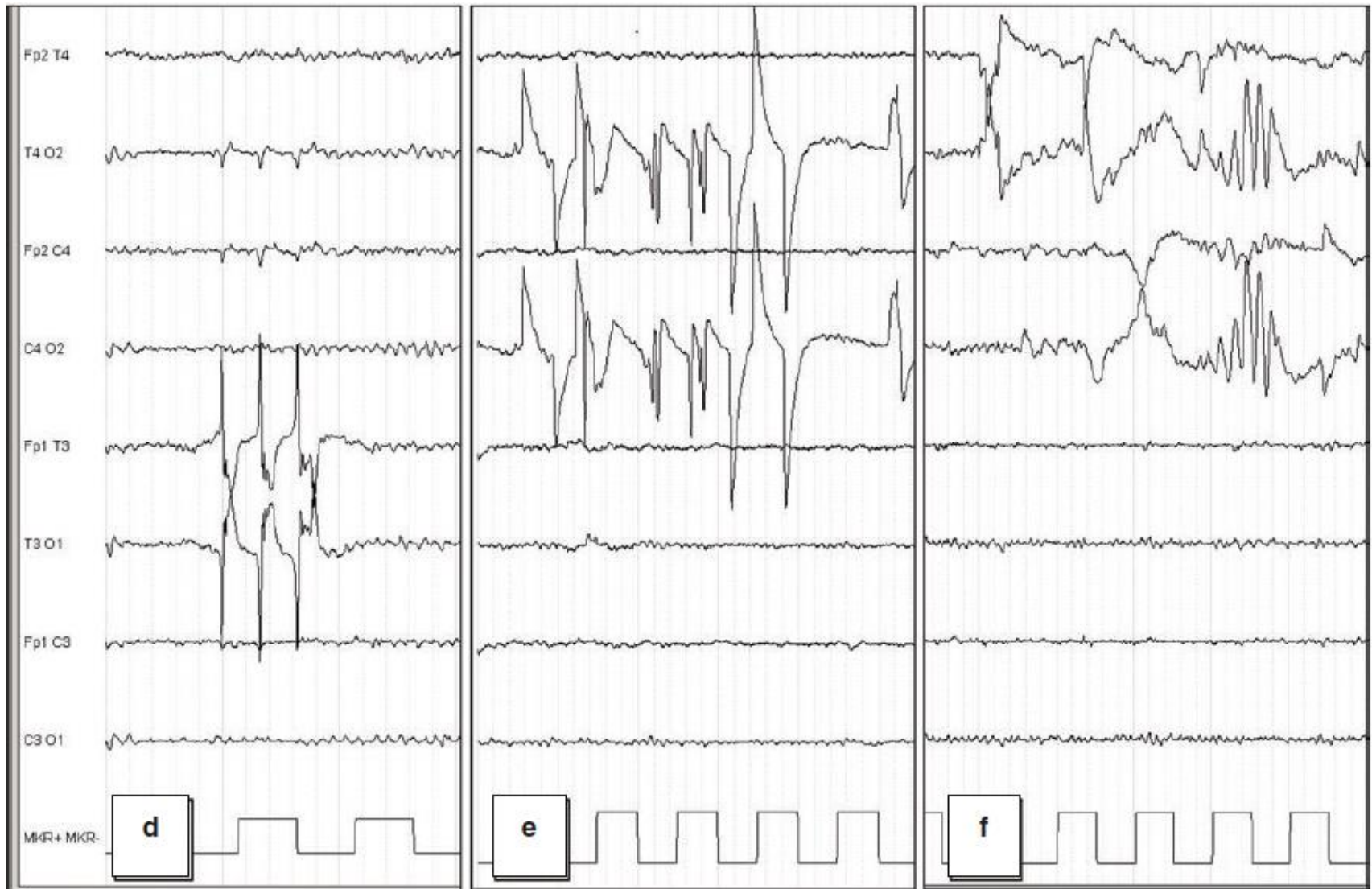
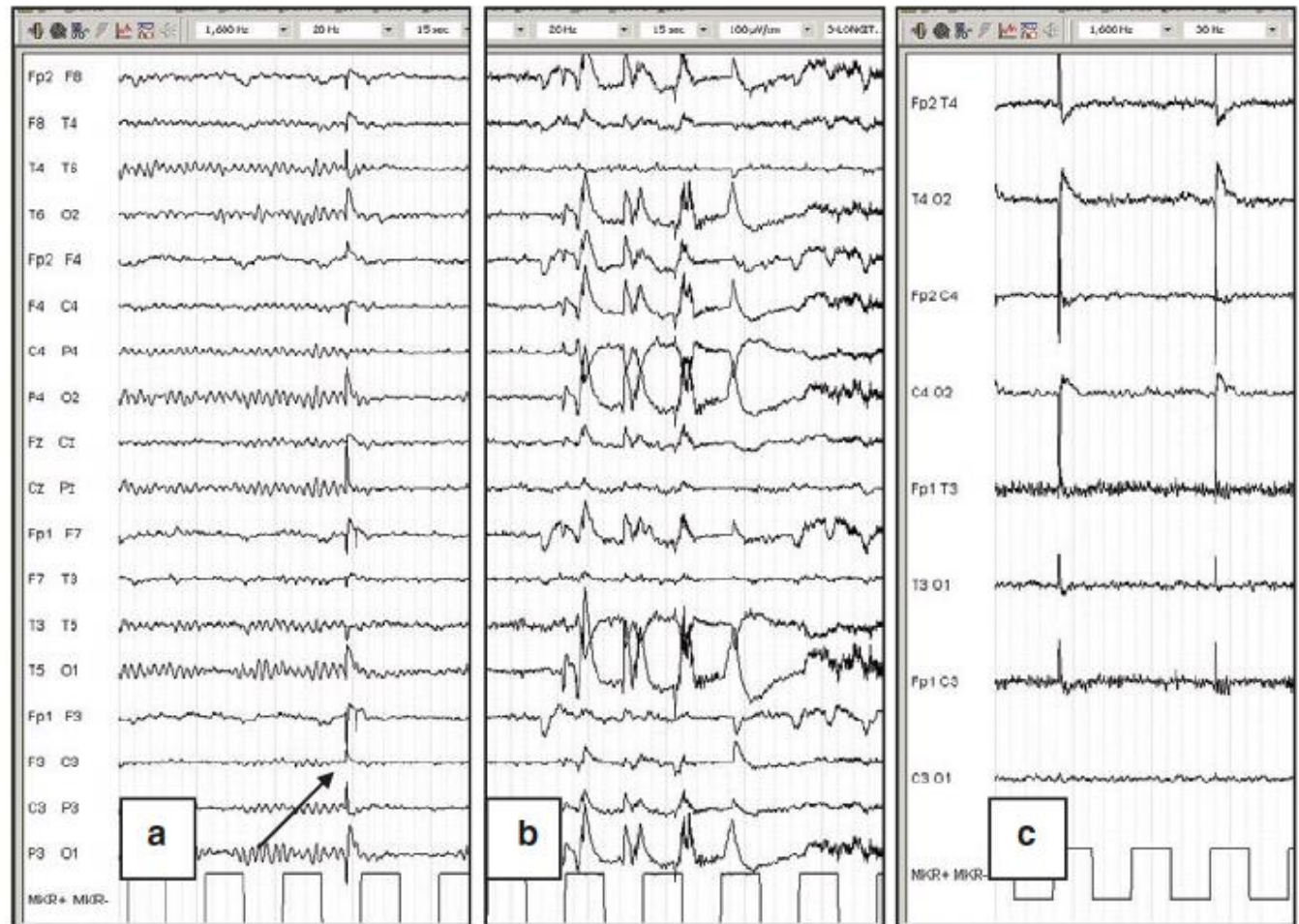


Fig. 8.19 Electrical interferences artifact: (a) turning on the light switch in the room; (b, c) neon lamp artifact; (d–f) different types of peristaltic pump artifact, recorded in ICU



Accorgimenti tecnici: artefatti

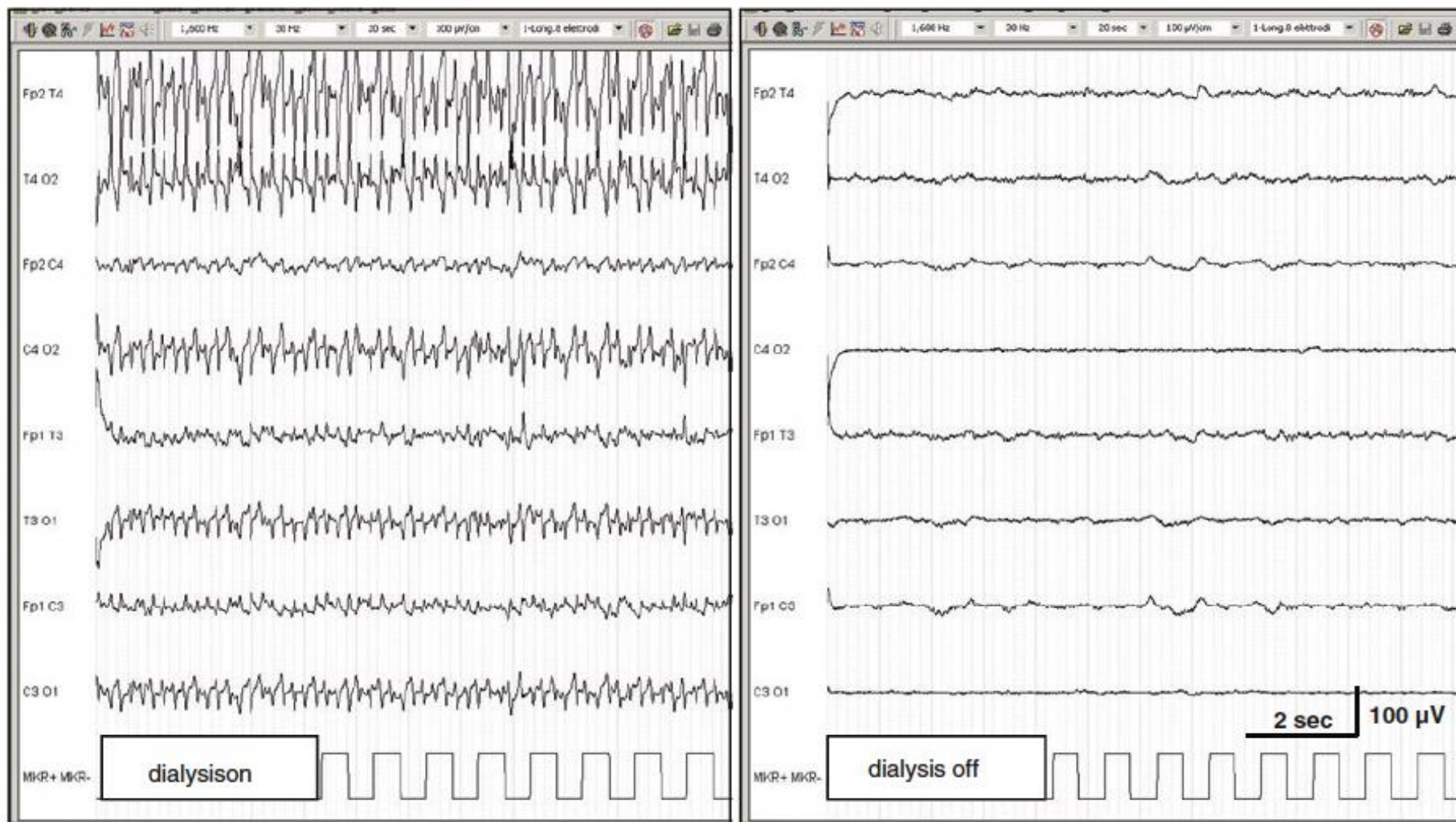
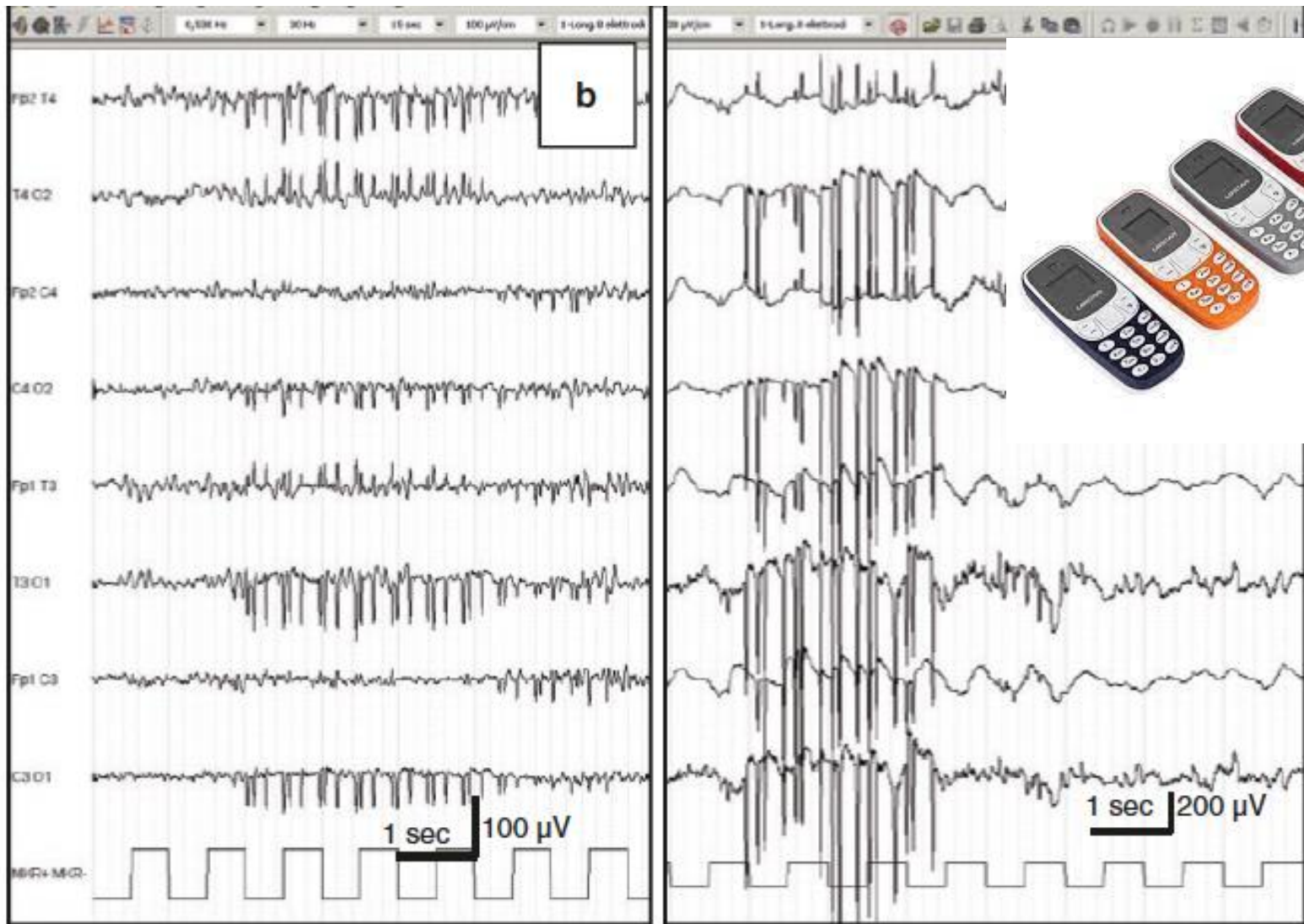


Fig. 8.20 Hemodialysis equipment artifact, disappearing after its deactivation

Accorgimenti tecnici: artefatti

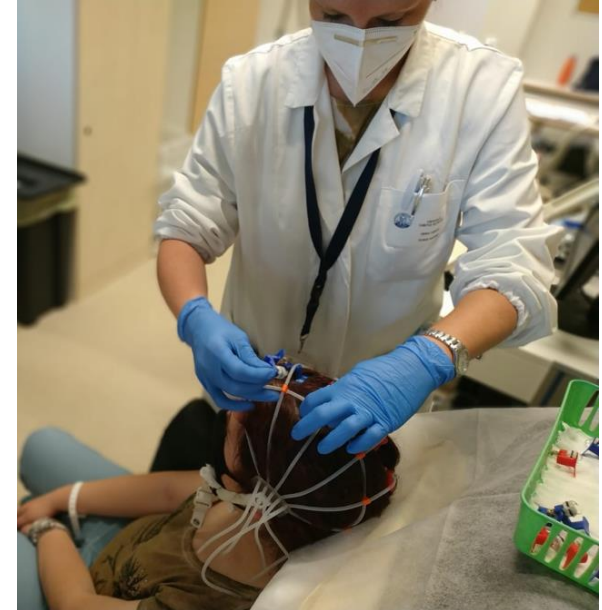


Accorgimenti tecnici: artefatti

E' compito del tecnico di neurofisiopatologia riconoscere, affrontare e trattare adeguatamente gli artefatti, attraverso 3 fasi:

1. eliminazione,
2. riduzione,
3. documentazione.

Circa la documentazione degli artefatti, la scelta dovrà essere fatta in funzione del numero di canali dell'apparecchio EEG che non deve essere inferiore a 8 canali. Oltre a 6 canali EEG si suggerisce l'uso di un canale per l'ECG e di un altro canale per il monitoraggio del respiro. Eventuali altri monitoraggi riservati a derivazioni extracefaliche potranno essere inseriti al posto del respiro.



«Un canale di registrazione all'attività bioelettrica derivata da regioni extracefaliche (es. sul dorso della mano)»

Và precisato che per una corretta valutazione del tracciato la derivazione extracefalica deve avere la stessa sensibilità, filtro delle alte frequenze e costante di tempo delle derivazioni EEG.

Il riferimento della legge al dorso della mano destra è solo un esempio.

Esistono altre derivazioni e monitoraggi che caso per caso sono determinanti per il riconoscimento degli artefatti (deltoide destro, guancia-mento).



Accorgimenti tecnici: artefatti

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

Il distacco di altre apparecchiature applicate al paziente come monitoraggio cardiovascolare, respiratore meccanico, pompe ad infusione ecc... va sempre concordato ed effettuato dal personale addetto all'assistenza del paziente.

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.).

Spetta al medico addetto alla supervisione del tracciato EEG la prescrizione di tale farmaco.



L'esecuzione delle indagini elettroencefalografiche deve essere effettuata da Tecnici di neurofisiopatologia sotto supervisione medica.

In mancanza di tale figura professionale, in via transitoria e ad esaurimento e sempre sotto supervisione medica l'esecuzione degli esami può essere affidata a tecnici e/o infermieri professionali adeguatamente formati a svolgere tali mansioni.

La qualifica di tecnico si riferisce al tecnico addetto all'elettroencefalografia. Viene ribadita dalla Legge l'intenzione di sostituire con tecnici di neurofisiopatologia gli infermieri professionali già addetti da vari anni all'esecuzione di esami elettroencefalografici.

Il medico addetto alla supervisione è il **Neurofisiopatologo o il Neurologo o il Neurochirurgo esperti in elettroencefalografia**, facente parte del Collegio Medico (art. 2 Legge 578/93).

- Lo standard neurologico per la determinazione della morte mantiene, dopo 50 anni dalla definizione dei criteri di Harvard, tutta la sua validità ed accettabilità, nonostante alcuni argomenti critici (il termine “*morte encefalica*” andrebbe abolito e sostituito da “*morte*” *determinata con criteri neurologici*)
- la morte si identifica con la perdita irreversibile della coscienza/ vigilanza e della capacità di respiro spontaneo e ciò permette di operare una corretta diagnosi differenziale con altre situazioni
- occorre un continuo aggiornamento delle LG, soprattutto riguardo l’indicazione e la metodologia dei test confermatori, e la massima accuratezza clinico/strumentale deve essere riservata alle peculiarità neonatali e pediatriche
- è necessario un processo di formazione continua degli operatori ed un controllo di qualità delle procedure, soprattutto allo scopo di acquisire sempre più esperienza e conoscenza fisiopatologica delle fasi di passaggio dal coma alla morte
- la morte del soggetto è un presupposto ineludibile per la donazione degli organi



Grazie



UNIVERSITA' CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA
www.unicampus.it