

Ti ricordiamo che questo materiale
è di proprietà dell'Autore.
Come partecipante al
XXVIII CONGRESSO NAZIONALE
SIMRI questo materiale ti è fornito da
SIMRI per esclusivo uso personale
concesso dall'Autore

XXVIII CONGRESSO NAZIONALE SIMRI

Il respiro: scienza e terapia per la salute del bambino



Torino, 10-12 ottobre 2024

LA SATURIMETRIA

Laura Barrocu

S.C. Pneumologia pediatrica

Ospedale Infantile Regina Margherita - Torino



COS'È LA SATURIMETRIA

- La saturimetria è un metodo semplice, accurato e non invasivo per misurare la saturazione dell'ossigeno.
- L'utilizzo della saturimetria rappresenta uno “standard of care” in molte situazioni cliniche pediatriche.
- La saturazione dell'ossigeno è uno dei cinque parametri vitali fondamentali

Pulse Oximetry as a Fifth Pediatric Vital Sign

William R. Mower, Carolyn Sachs, Emily L. Nicklin and Larry J. Baraff

Pediatrics 1997;99:681

DOI: 10.1542/peds.99.5.681

Pulse Oximetry in Pediatric Practice

Sotirios Fouzas, Kostas N. Priftis and Michael B. Anthracopoulos

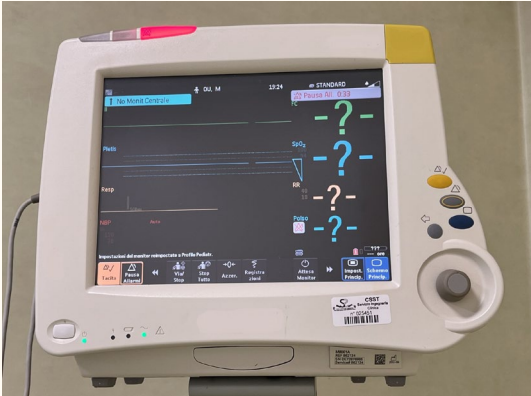
Pediatrics 2011;128:740: originally published online September 19, 2011:

Pulse Oximetry: Principles and Limitations

JAMES E. SINEX, MD

- Frequenza cardiaca
- Frequenza respiratoria
- Temperatura corporea
- Pressione arteriosa
- Saturazione di O₂

IL SATURIMETRO



COME FUNZIONA

- La fonte luminosa è costituita da due led che emettono fasci di luce a due lunghezze d'onda differenti, 660 nm (luce rossa) e 940 nm (luce infrarossa)
- La maggior parte della luce è assorbita dal tessuto connettivo, cutaneo, osseo e dal sistema venoso in modo costante e non varia con la pulsazione cardiaca.
- La quota variabile è assorbita dal sangue arterioso ad ogni pulsazione cardiaca.
- L'emoglobina ossigenata (O₂Hb) e l'emoglobina non ossigenata (HHb) hanno un assorbimento differente di luce rossa (660nm, HHb) e luce infrarossa (940nm, O₂Hb).
- La saturazione corrisponde alla differenza del rapporto tra assorbimento pulsatile / assorbimento basale di luce rossa e infrarossa.
- Il saturimetro una volta ricevuto il segnale, restituisce la cosiddetta «saturazione funzionale», ossia la percentuale di ossiemoglobina (O₂Hb) rapportata alla somma di ossiemoglobina ed emoglobina ridotta (HHb).

$$SpO_2 = O_2Hb / (O_2Hb+HHb)$$

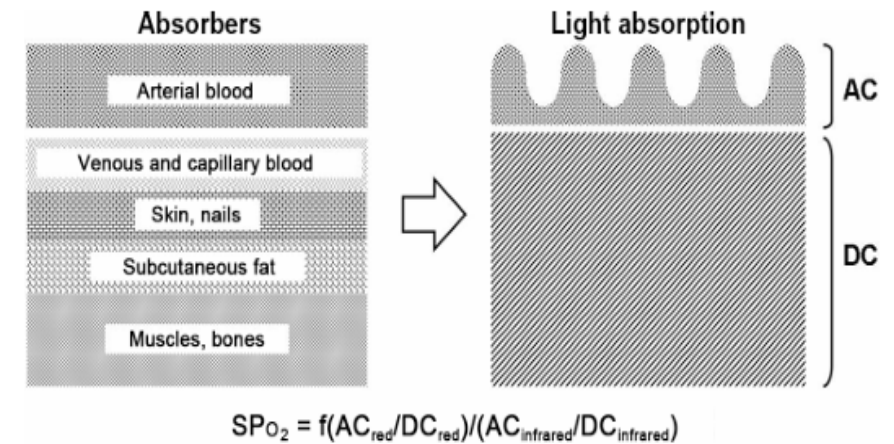
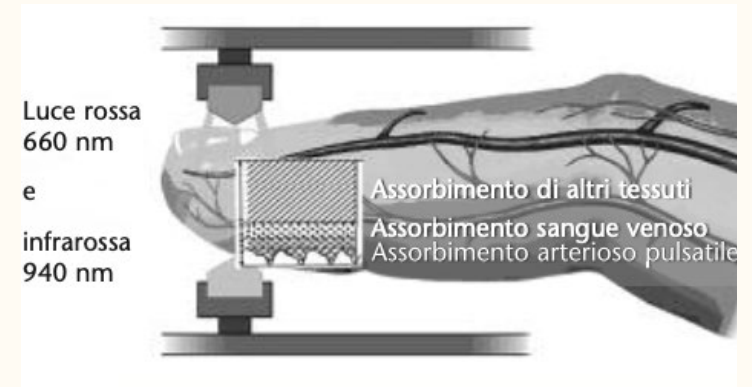


FIGURE 2

Principle of operation of pulse oximetry. Shown is a schematic representation of the layers of human tissues that absorb light energy at the measuring site (left) and the components of light absorption (constant—DC and variable—AC) by distinct tissue characteristics (right). A simplified version of the ratio of absorption ratios equation used to calculate SpO₂ is shown also.

Pulse Oximetry in Pediatric Practice

Sotirios Fouzas, Kostas N. Priftis and Michael B. Anthracopoulos
Pediatrics 2011;128:740; originally published online September 19, 2011;

SENSORE

Sensore a cerotto:



Sensore neonatale	<3kg	Cerotto mano / cerotto piede
Sensore pediatrico	3 – 40kg	Cerotto dito (mano e piede)
Sensore pediatrico	10 – 50kg	Cerotto dito mano

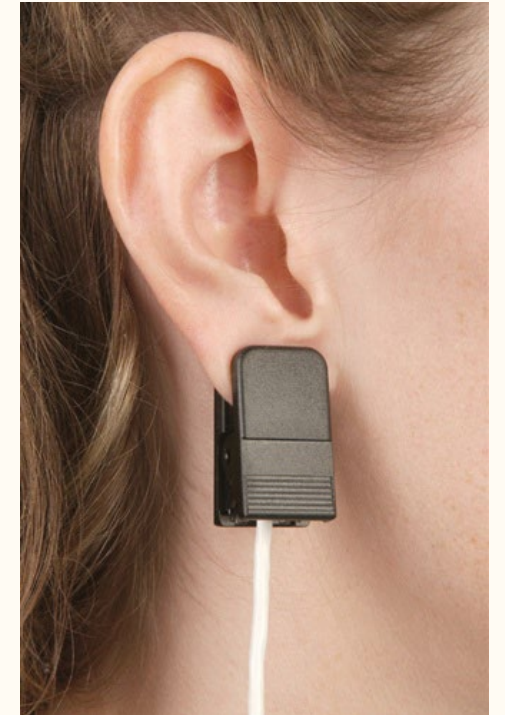
SENSORE



Pinza a dito



Sensore per la fronte



Pinza per il lobo

Che sensore utilizzare?

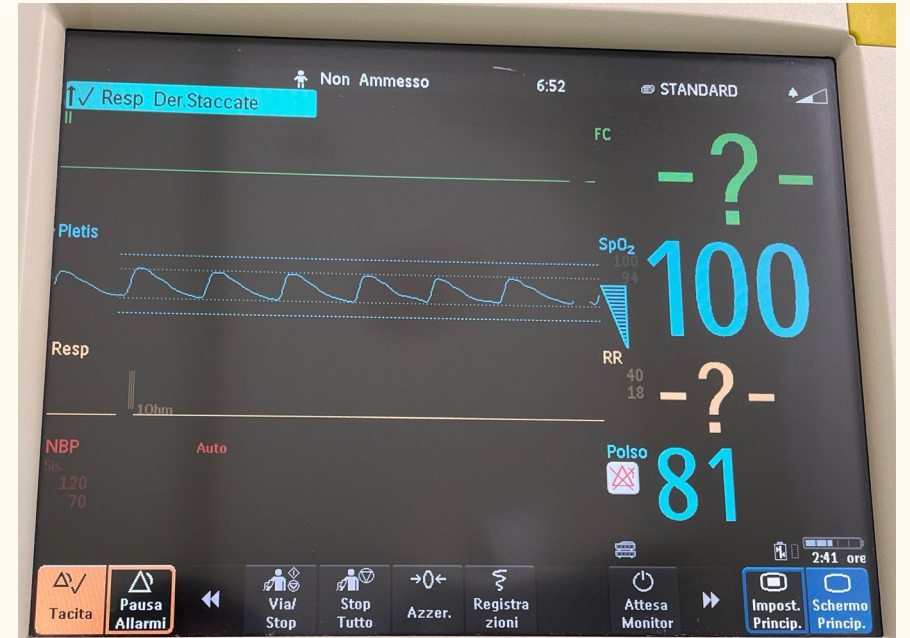
Cerotto a dito	Indicato nei bambini più piccoli Permette una misurazione più precisa Utilizzabile in sedi differenti Meno suscettibile al movimento Riduzione della trasmissione di infezioni Monopaziente (costo maggiore)
Pinza a dito	Indicato nei bimbi più grandi Rapidità di utilizzo Riutilizzabile su più pazienti Buon rapporto costo/efficacia
Pinza frontale/orecchio	Migliore efficacia nei casi di vasocostrizione periferica

PARAMETRI VALUTABILI

Saturazione dell'ossigeno

Frequenza cardiaca

Grafico d'onda

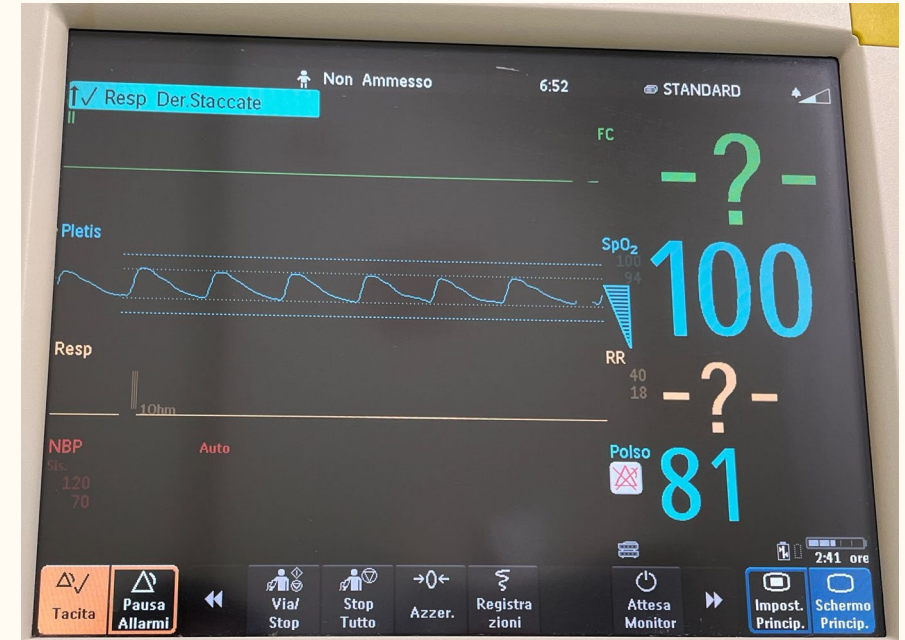


PARAMETRI VALUTABILI

Saturazione dell'ossigeno

Frequenza cardiaca

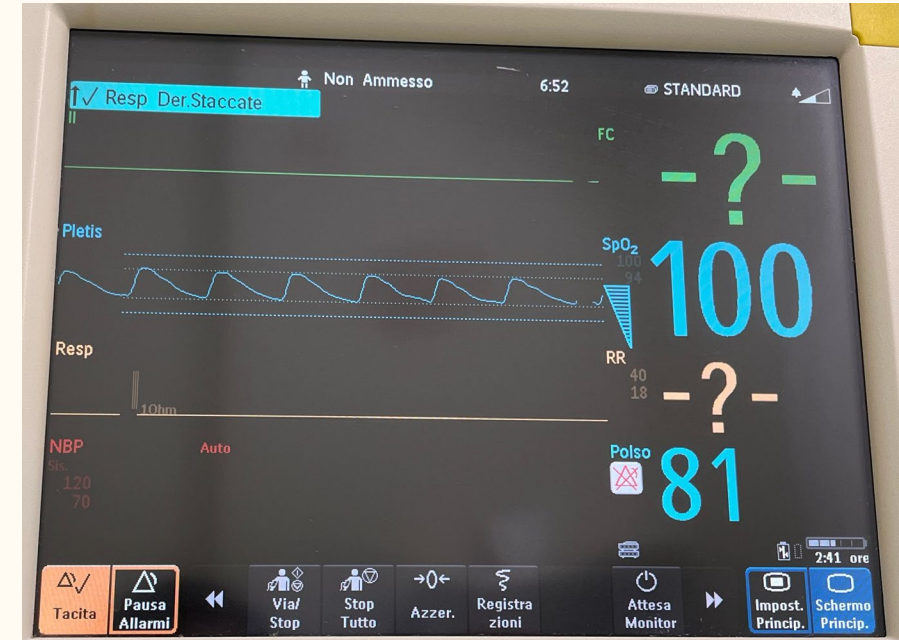
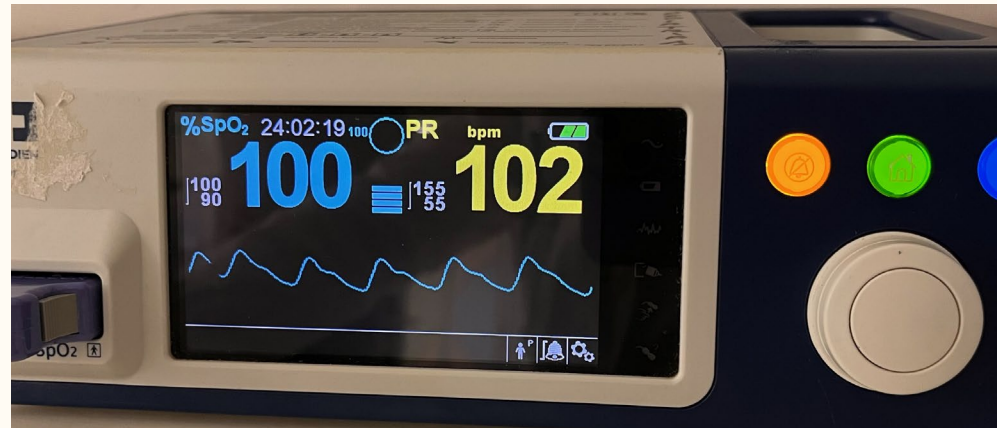
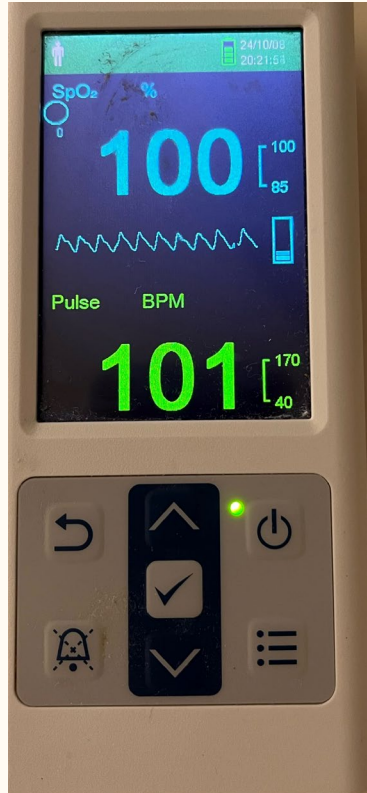
Grafico d'onda



I saturimetri portatili spesso non rilevano il grafico d'onda



TRACCIATI NORMALI



VALORI NORMALI

- Non esistono valori standard di normale SpO₂
- Desaturazioni transitorie sono comuni anche nei bimbi sani.
- 60% dei bimbi sani tra 2 settimane e 6 mesi di età presentano desaturazioni transitorie fino a 83% (Hunt CE, Corwin MJ, Longitudinal assessment of hemoglobin oxygen saturation in healthy infants during the first 6 months of age, *J Pediatr.* 1999 Nov;135(5):580-6.)
- La saturazione dell'ossigeno varia a seconda dell'età, dell'altitudine e ciclicamente nella giornata
- SpO₂ 97-99% nell'infante e nel bimbo sano
- Altitudine medie: SpO₂ 97-98% - 93-96%
- Altitudini >3000m: SpO₂ 86-91%
- Riduzione fisiologica della saturazione notturna:
 - Range di normalità 95-100%
 - Nadir: 84-86%



Quando il saturimetro suona....



Il 44-63% degli allarmi nei bambini ricoverati in terapia intensiva sono dovuti al saturimetro

- 94% sono definiti clinicamente irrilevanti
- 71% sono falsi allarmi

Quando il saturimetro suona....



Il 44-63% degli allarmi nei bambini ricoverati in terapia intensiva sono dovuti al saturimetro

- 94% sono definiti clinicamente irrilevanti
- 71% sono falsi allarmi

Desaturazioni reali

Falsi allarmi

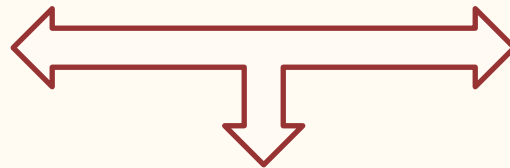
Quando il saturimetro suona....



Il 44-63% degli allarmi nei bambini ricoverati in terapia intensiva sono dovuti al saturimetro

- 94% sono definiti clinicamente irrilevanti
- 71% sono falsi allarmi

Desaturazioni reali



Falsi allarmi

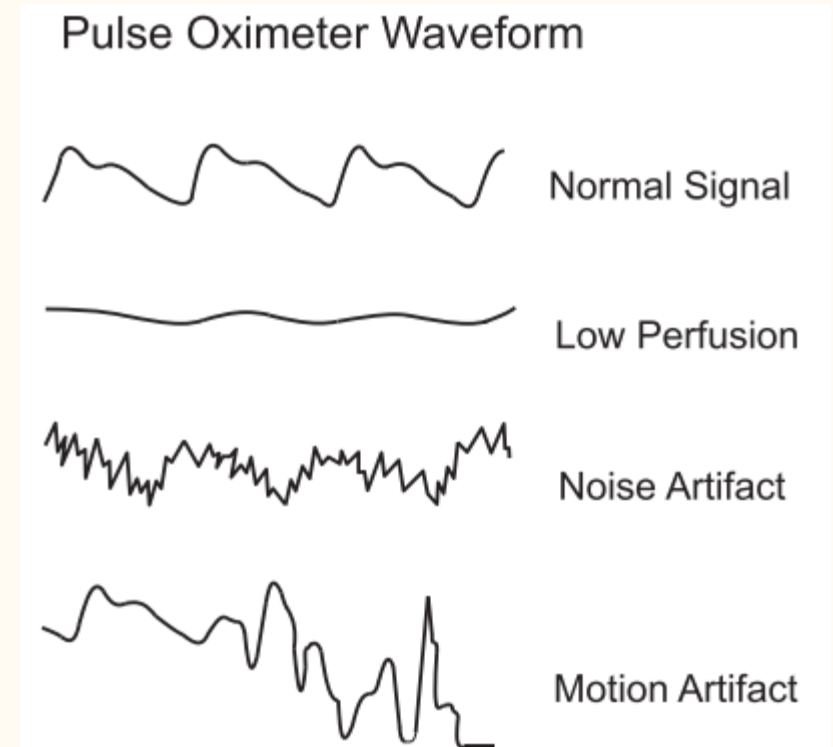
Guardiamo la forma dell'onda

TRACCIATI ANOMALI



SATURAZIONI NON ATTENDIBILI

- Artefatti da movimento
- Bassa perfusione periferica
- Malposizionamento del sensore
- Sensore non idoneo
- Iperpigmentazione cutanea
- Anemia/Disemoglobinemie
- Aritmie cardiache, utilizzo di smalto e/o unghie artificiali, interferenza della luminosità ambientale....



SATURAZIONI NON ATTENDIBILI

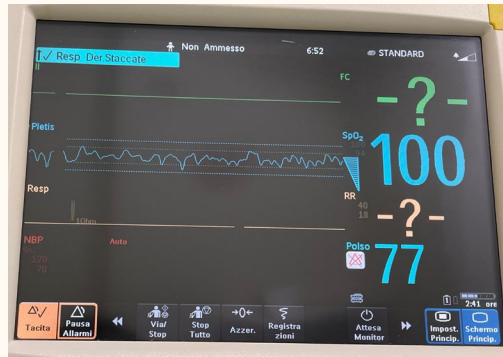
SpO ₂ normale o elevata	Intossicazione da monossido di carbonio Crisi vaso-occlusiva nell'anemia falciforme (sovrastima di FO ₂ Hb e sottostima di SpO ₂)
SpO ₂ ridotta	Pulsazioni venose Movimento eccessivo Coloranti pigmentati per via endovenosa Forme ereditarie di emoglobina anormale Smalto per unghie Anemia grave (con concomitante ipossiemia)
SpO ₂ elevata o ridotta	Metaemoglobinemia Sulfemoglobinemia Posizionamento errato della sonda Sepsi e shock settico

TRACCIATI A CONFRONTO

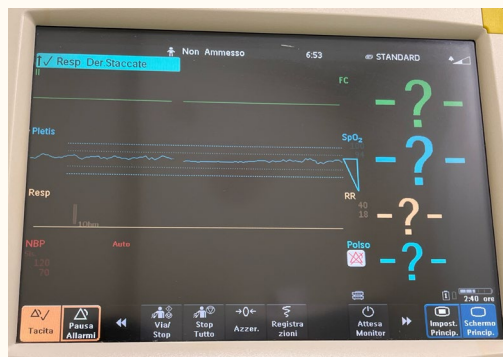
Tracciato normale



Artefatti da movimento



Perdita di segnale



ARTEFATTI DA MOVIMENTO

- Rappresentano la problematica principale in età pediatrica
- SET (Signal Extraction Technology)
 - Utilizza filtri in grado di distinguere il rumore di fondo dal segnale reale
 - Permette di ottenere un valore saturimetrico il più possibile sovrapponibile al valore di saturazione dell'ossigeno arterioso

SATURIMETRI A CONFRONTO

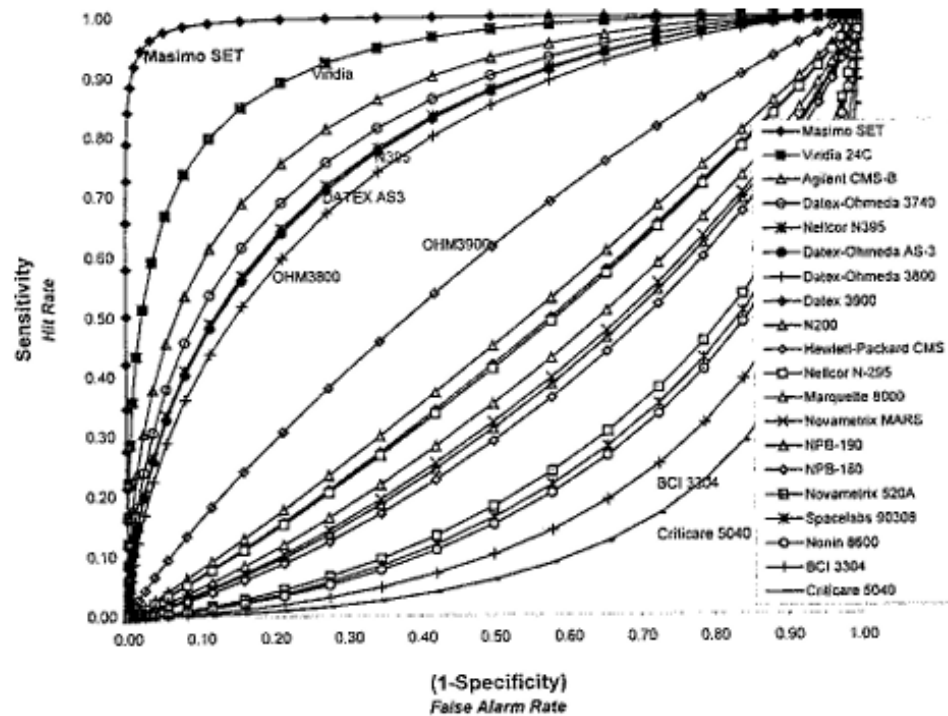


Fig. 2. Pulse oximeter receiver operator characteristic curves (including drop-outs) for 20 pulse oximeters tested during machine-generated motion. The curves plot sensitivity (the probability of the monitor identifying true hypoxemia) against false alarm rates. The specificity is defined as the probability of the oximeter identifying periods of normoxemia, so 1 minus specificity is the false alarm rate. The best-performing oximeters are found in the upper left hand corner of the graph. (From Reference 91, with permission.)

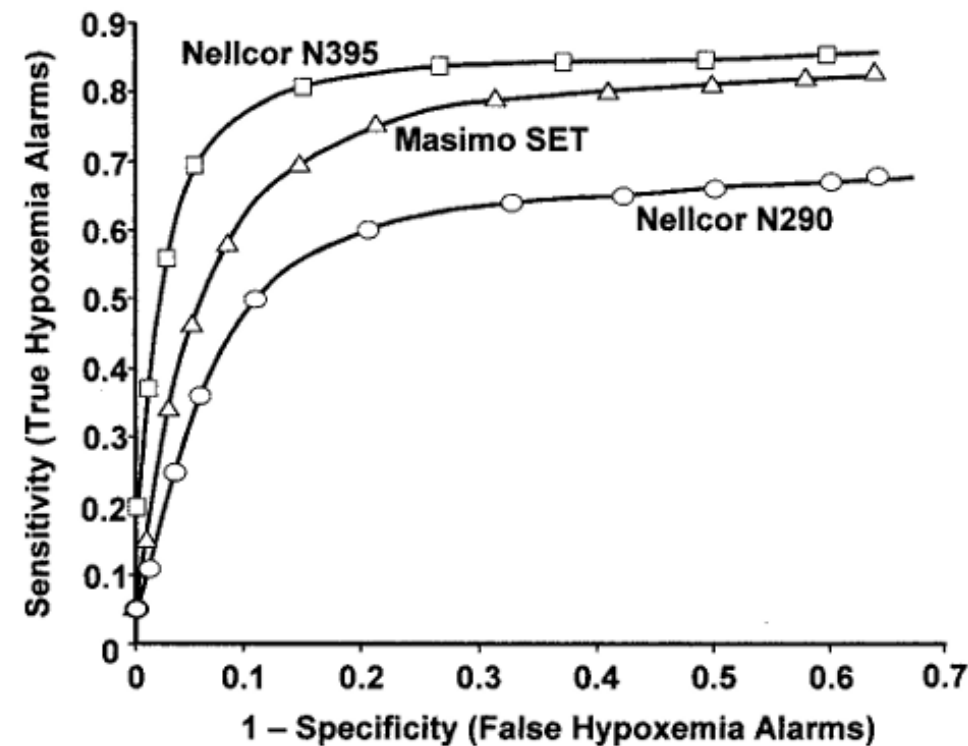


Fig. 3. Receiver operator characteristics for 3 oximeters tested during voluntary motion. The curves plot sensitivity (the probability of the monitor identifying true hypoxemia) against false alarm rates. The specificity is defined as the probability of the oximeter identifying periods of normoxemia, so 1 minus specificity is the false alarm rate. The best-performing oximeters are found in the upper left hand corner of the graph. (From Reference 98, with permission.)

DOVE USIAMO IL SATURIMETRO?

OSPEDALE

Pronto soccorso/medicina d'urgenza
Reparto di degenza
Terapia intensiva



DOMICILIO

Gestione patologie respiratorie acute
Monitoraggio domiciliare nelle
patologie respiratorie croniche
Studi del sonno

CAMPI DI UTILIZZO: OSPEDALE



Terapia intensiva e semi-intensiva	Standard of care per tutti i pazienti in età neonatale e pediatrica, soprattutto in caso di ventilazione meccanica invasiva e non invasiva
Reparti di degenza ordinaria	Pazienti O ₂ dipendenti: consigliato monitoraggio per tutti i neonati/bambini in corso di ossigenoterapia Pazienti ad alto rischio: pazienti <3 mesi con sintomi respiratori e/o durante bronchiolite
Pediatria d'urgenza/pronto soccorso	Prima valutazione e monitoraggio dei parametri vitali
Chirurgia/anestesia	Durante le procedure di sedazione, le procedure chirurgiche e nel post-operatorio (12-24 ore post anestesia)

CAMPI DI UTILIZZO: DOMICILIO



Valutazione domiciliare delle patologie respiratorie acute	Riacutizzazione di asma Bronchiolite Infezione delle basse vie respiratorie
Monitoraggio dei pazienti affetti da insufficienza respiratoria cronica	Pazienti in ventilazione meccanica invasiva e non invasiva Pazienti O ₂ dipendenti (alto flusso o basso flusso) affetti da insufficienza respiratoria cronica (es. broncodisplasia)
Studio del sonno	Screening patologia ostruttiva nel sonno

SATURIMETRO E COVID-19

- Durante la pandemia da Sars-CoV2 è stato proposto il monitoraggio della saturazione a domicilio per individuare precocemente i quadri di ipossiemia
- Pertanto vi è stata una diffusione di utilizzo del saturimetro domiciliare per il monitoraggio della saturazione durante l'infezione
- Molti pazienti sono in possesso di saturimetri portatili e di smartphone che consentono il monitoraggio della saturazione

Un saturimetro domiciliare non idoneo nel bambino
aumenta il rischio di errore



Pulse Oximetry for Monitoring Patients with COVID-19 at Home Potential Pitfalls and Practical Guidance

Andrew M. Luks¹ and Erik R. Swenson^{1,2}

¹Division of Pulmonary, Critical Care and Sleep Medicine, University of Washington, Seattle, Washington; and ²Medical Service, VA Puget Sound Health Care System, Seattle, Washington

QUANDO USIAMO IL SATURIMETRO A DOMICILIO?

Segni di distress respiratorio :

- Tachipnea e tachicardia
- Rientramenti al giugulo
- Rientramenti sottodiaframmatici
- Inappetenza
- Cianosi periferica



Età	Frequenza respiratoria (atti/min)	Frequenza cardiaca (bpm)
< 1 anno	30-60	100-160
Da 1 a 3 anni	24-40	90-150
Da 3 a 6 anni	22-34	80-140
Da 6 a 12 anni	18-30	70-120
Da 12 a 18 anni	12-16	60-100

QUANDO USIAMO IL SATURIMETRO A DOMICILIO?

- Riacuteizzazione di asma
- Bronchiolite
- Infezione delle basse vie respiratorie

La saturazione dell'ossigeno non è un indicatore affidabile della severità delle patologie delle alte vie aeree (laringiti e tracheiti acute, inalazione corpo estraneo, disfunzione corde vocali)

Riacutizzazione di asma

- Sintomi respiratori ingravescenti (tosse, wheezing, dispnea..) associati a rapido calo della funzionalità respiratoria
- Tosse notturna, astenia e facile affaticabilità, inappetenza
- Fattori scatenanti: infezioni virali, allergeni (inalanti e/o alimenti) scarsa aderenza terapeutica

Riacutizzazione di asma

- Riacutizzazione lieve: $\text{SpO}_2 > 95\%$
- Riacutizzazione moderata: $\text{SpO}_2: 90-95\%$
- Riacutizzazione grave: $\text{SpO}_2 < 90\%$

Prima valutazione della riacutizzazione di asma:
valutazione della gravità clinica e dei fattori di rischio per
l'ospedalizzazione

LIEVE-MODERATO

- **Saturazione $\geq 92\%$**
- Frequenza cardiaca ≤ 180 bpm (0-3 anni) o ≤ 150 bpm (4-5 anni)
- Respiro affannoso, agitato

- Trattamento con Salbutamolo 100 mcg 2 puff ripetibili ogni 20 minuti nella prima ora
- Controllare saturazione (94-98%)

Monitoraggio per le prime 1-2 ore

GRAVE

- **Saturazione $< 92\%$**
- Frequenza respiratoria > 40
- Frequenza cardiaca > 180 bpm (0-3 anni) o > 150 bpm (4-5 anni)
- Inappetenza, confusione, sonnolenza, cianosi centrale, torace silente

Inviare in DEA

Se peggioramento/non miglioramento

Bronchiolite

- Patologia causata da un'infezione, prevalentemente virale, che coinvolge le basse vie respiratorie dei neonati e bambini di età <24 mesi
- RSV (80% dei casi), Rhinovirus, virus Influenza/Parainfluenza, Coronavirus, Metapneumovirus, Adenovirus, Enterovirus...
- Sintomi delle alte vie respiratorie (rinite, ostruzione nasale) cui conseguono tosse stizzosa, distress respiratorio con progressiva fatica, inappetenza possibile disidratazione

Bronchiolite

Non sono chiaramente definiti valori soglia di SpO₂ per l'ospedalizzazione:

American Accademy of Pediatrics (APP): necessità di O₂ se SpO₂ <90%

Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN):

bimbi sintomatici con SpO₂ ≤92%

se SpO₂ 93-94% da valutare a seconda del caso

La saturazione dell'ossigeno nella bronchiolite è strettamente legata alla necessità di ospedalizzazione

L'ostruzione nasale influisce sulla saturazione

SpO₂ <94% sono state correlate a maggior rischio di ospedalizzazione

Bronchiolite

Non sono chiaramente definiti valori soglia di SpO₂ per l'ospedalizzazione:

American Accademy of Pediatrics (APP): necessità di O₂ se SpO₂ <90%

Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN):

bimbi sintomatici con SpO₂ ≤92%

se SpO₂ 93-94% da valutare a seconda del caso

La saturazione dell'ossigeno nella bronchiolite è strettamente legata alla necessità di ospedalizzazione

L'ostruzione nasale influisce sulla saturazione

SpO₂ <94% sono state correlate a maggior rischio di ospedalizzazione



SpO₂ persistente < 90%

Distress respiratorio acuto e/o insufficienza respiratoria acuta

Apnee subentranti

Scarsa alimentazione, letargia, età <12 settimane, nascita pretermine...



Inviare in DEA

Polmonite

- Infezione delle basse vie respiratorie con associato interessamento del parenchima polmonare
 - CAP: community acquired pneumoniae
 - HAP: hospital acquired pneumoniae
 - VAP: ventilator associated pneumoniae
- Presentazione clinica: febbre, tosse, tachipnea, dolore toracico, distress respiratorio, alterata obiettività polmonare

Polmonite

La maggior parte delle polmoniti non complicate può essere gestita a domicilio.

Criteri di gravità:

- Febbre
- Frequenza respiratoria > 70 atti/min (lattante) o 50 atti/min (bambino)
- Distress respiratorio
- Inappetenza/segni di disidratazione

Bambini sintomatici con $SpO_2 < 92\%$ devono essere trattati con O_2 in ambiente ospedaliero.

Monitoraggio domiciliare dei pazienti affetti da insufficienza respiratoria cronica

- I pazienti affetti da insufficienza respiratoria cronica con necessità di ventilazione meccanica invasiva e non invasiva o O₂ terapia (alto o basso flusso) possiedono un saturimetro domiciliare
 - Monitoraggio dei parametri vitali
 - Valutazione precoce delle desaturazioni
 - Valutazione andamento terapeutico
 - Monitoraggio durante le riacutizzazioni

La buona saturazione dei pazienti in ventilazione meccanica non sempre rispecchia il reale benessere clinico.

Studio del sonno – saturimetria notturna

- La saturimetria notturna rappresenta uno strumento di screening della patologia ostruttiva del sonno (OSAS)

Saturimetro con sensore

Diario anamnestico

- qualità del sonno
- Modalità di esecuzione (supporto respiratorio/respiro spontaneo, necessità di O_2)
- risvegli, movimenti significativi, aspirazione delle secrezioni, crisi epilettiche



Studio del sonno – saturimetria notturna

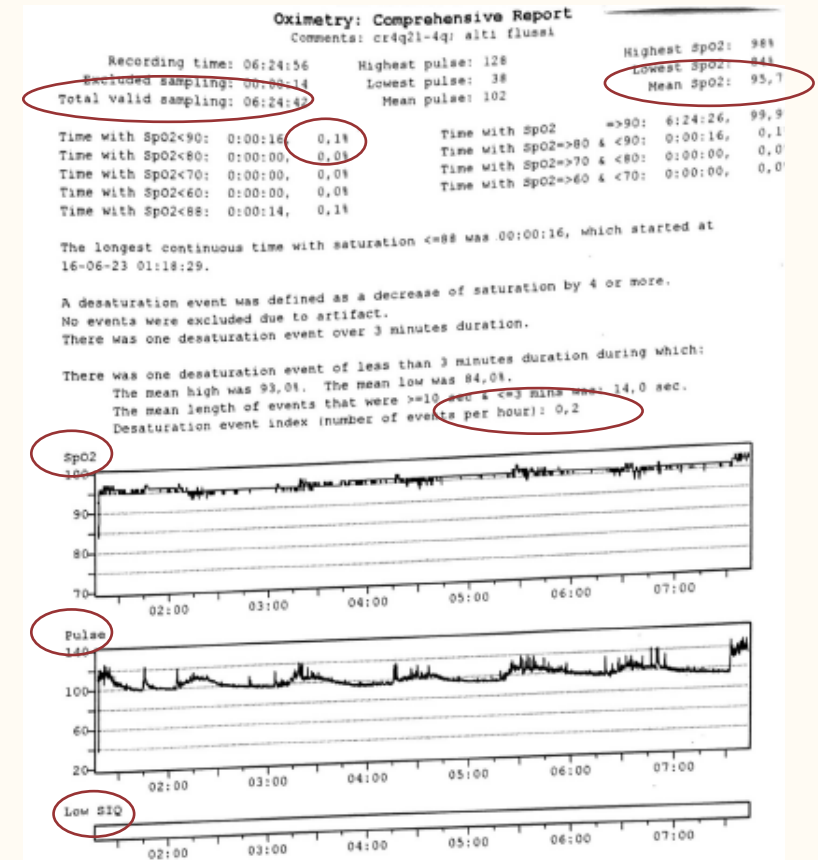
Dati saturimetrici:

- Tempo valido di registrazione > 6 ore
- Saturazione media notturna >95%
- Indice di desaturazione oraria (ODI) < 5/h
- Tempo trascorso con saturazione <90% (CT90)

Traccia saturimetrica

Traccia della frequenza cardiaca

Qualità del segnale



Studio del sonno – saturimetria notturna

Quando la saturimetria notturna è sospetta per OSAS?

Criteri di Brouillette

Saturimetria positiva per OSAS	3 cluster di desaturazione 3 episodi di desaturazione <90%
Saturimetria negativa per OSAS	Assenza di cluster e di desaturazioni
Saturimetria non conclusiva per OSAS	Presenza di uno solo o parte dei criteri

Cluster di desaturazione: almeno 5 episodi di desaturazione al 4% in 30 minuti di registrazione

Studio del sonno – saturimetria notturna

Quando la saturimetria notturna è sospetta per OSAS?

Criteri di Mc Gill (McGill Oximetry Score)

3 cluster di desaturazione +

3 desaturazioni <90% (Categoria 2, OSAS lievi)

4 desaturazioni < 85% (Categoria 3, OSAS moderate)

4 desaturazioni < 80% (Categoria 4, OSAS gravi)

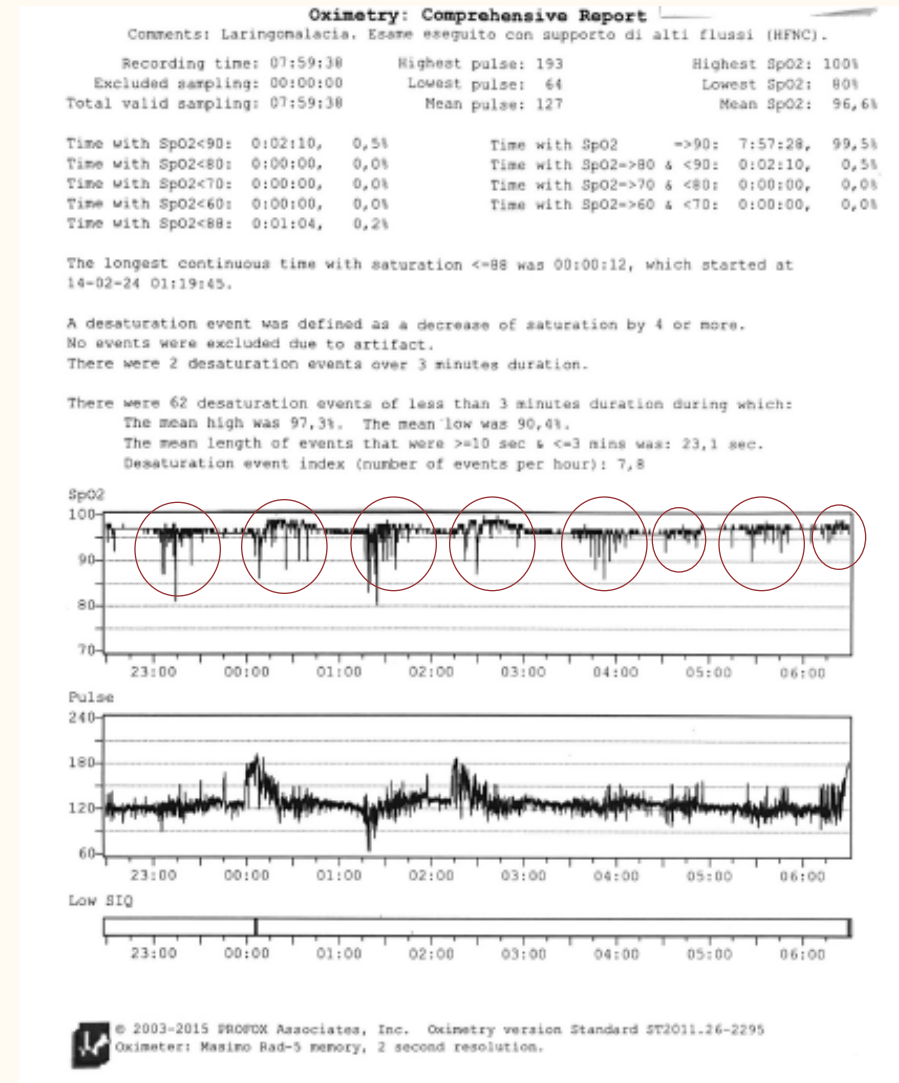
Categoria 1: non conclusivo (non soddisfano tutti i criteri)

Studio del sonno – saturimetria notturna

Criteria di Brouillette

Saturimetria positiva per OSAS

- > 3 cluster di desaturazione
- > 3 episodi di desaturazione <90%



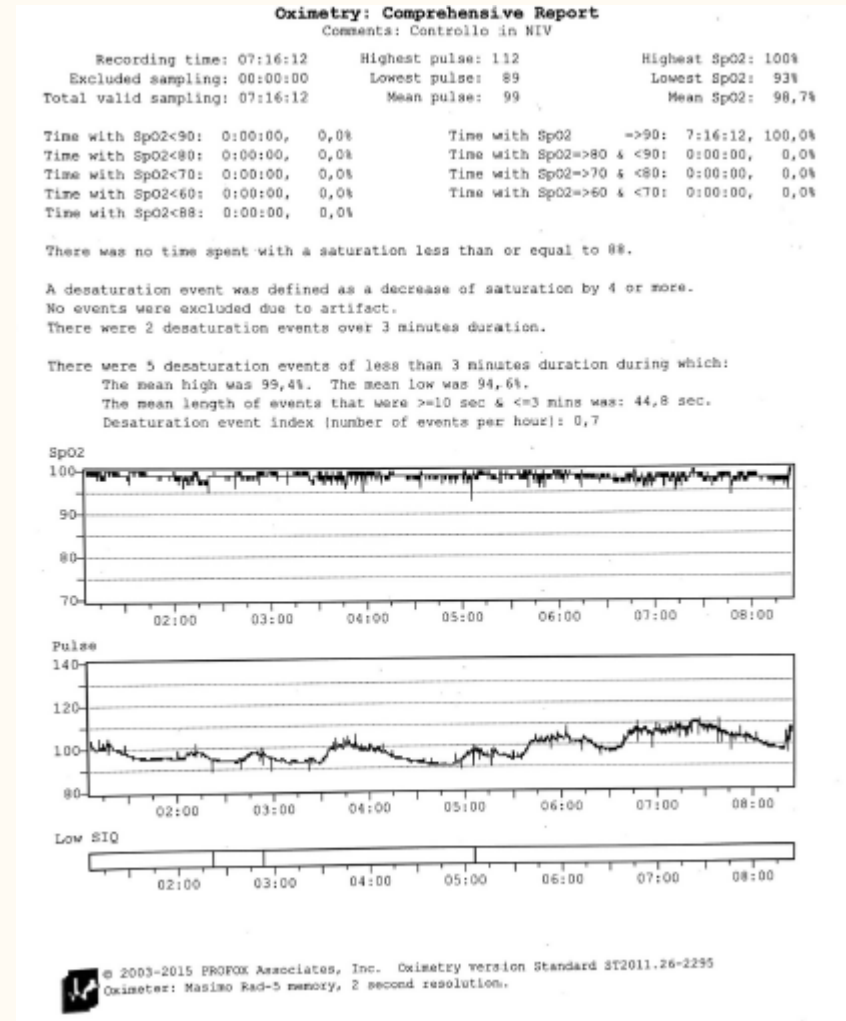
Studio del sonno – saturimetria notturna

Criteria di Brouillette

Saturimetria negativa per OSAS

Assenti cluster di desaturazione

Assenti episodi di desaturazione <90%



Studio del sonno – saturimetria notturna

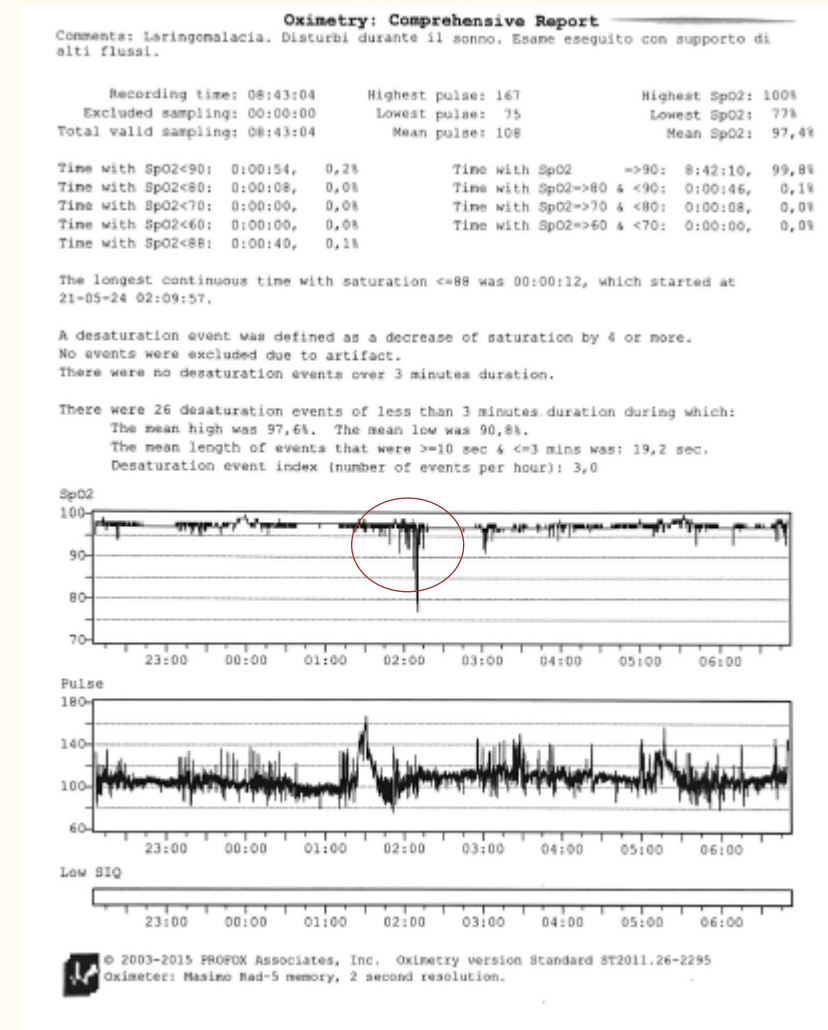
Criteri di Brouillette

Saturimetria non conclusiva
per OSAS

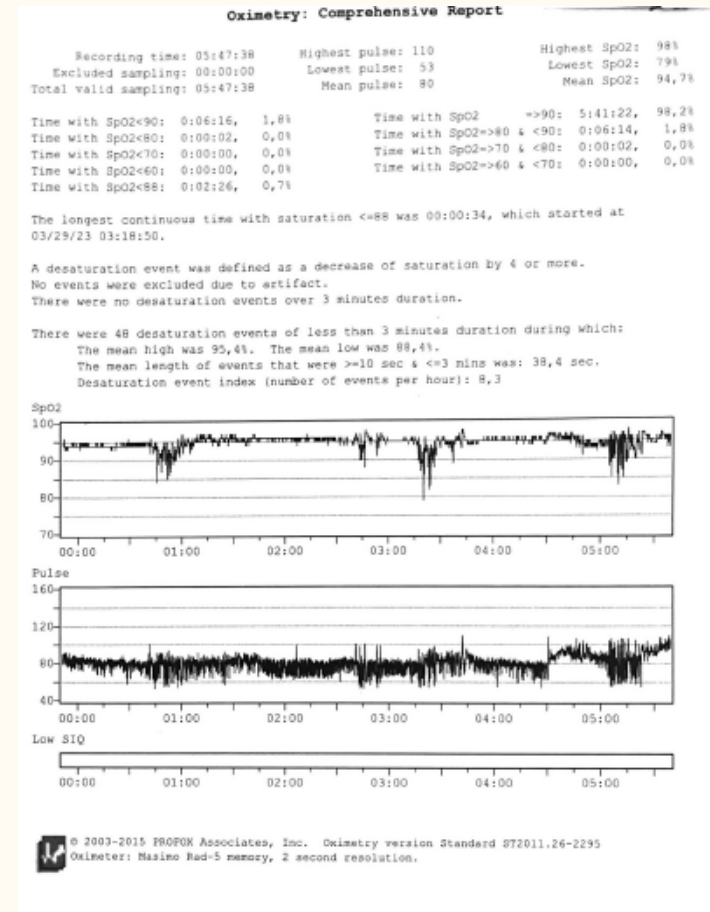
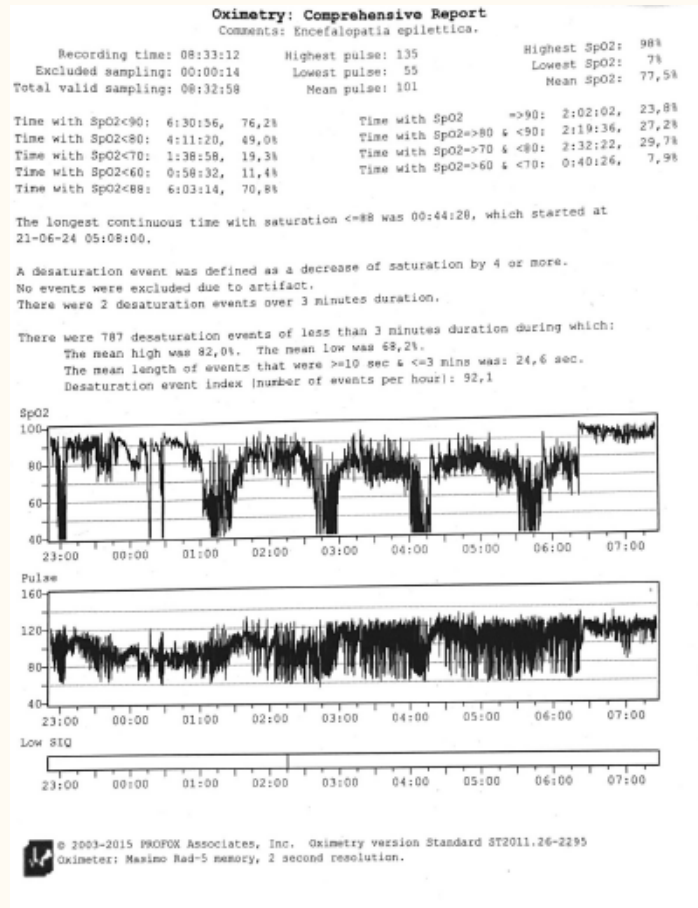
Presenza di uno solo o parte dei criteri



Necessario monitoraggio cardio-respiratorio
notturno

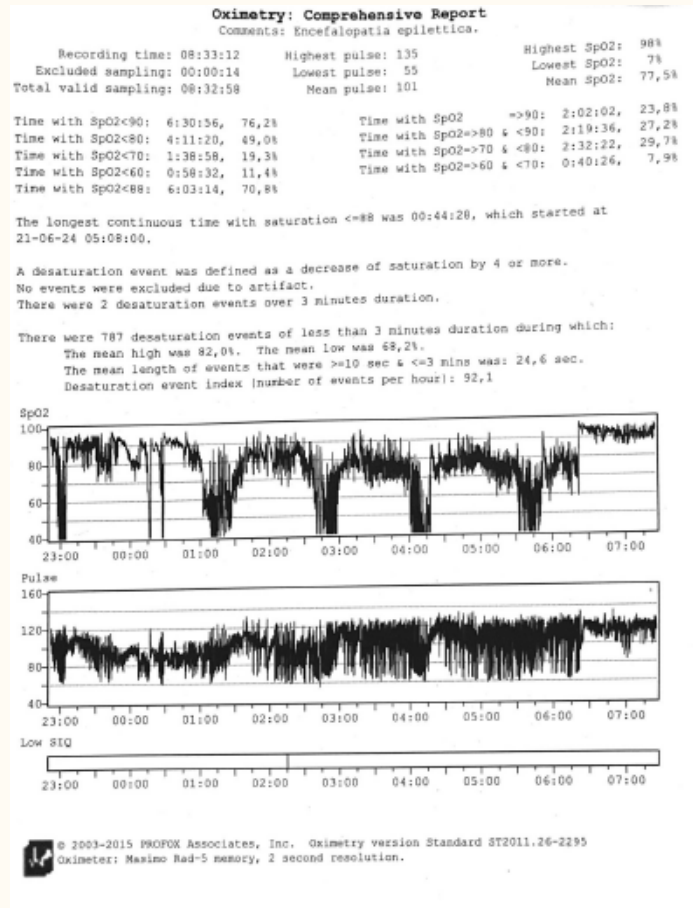


Studio del sonno – saturimetria notturna

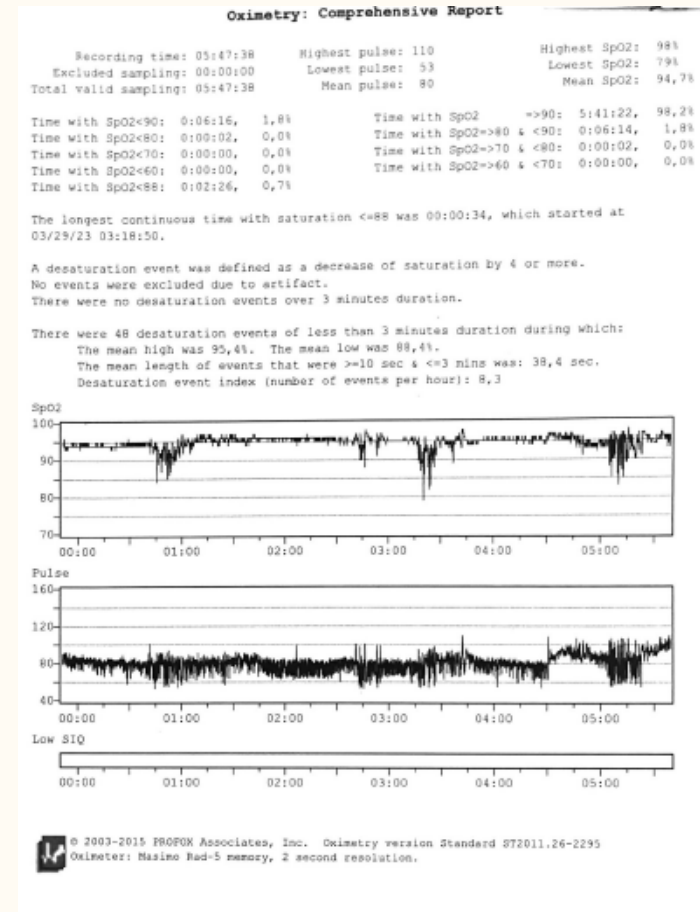


Studio del sonno – saturimetria notturna

Respiro spontaneo

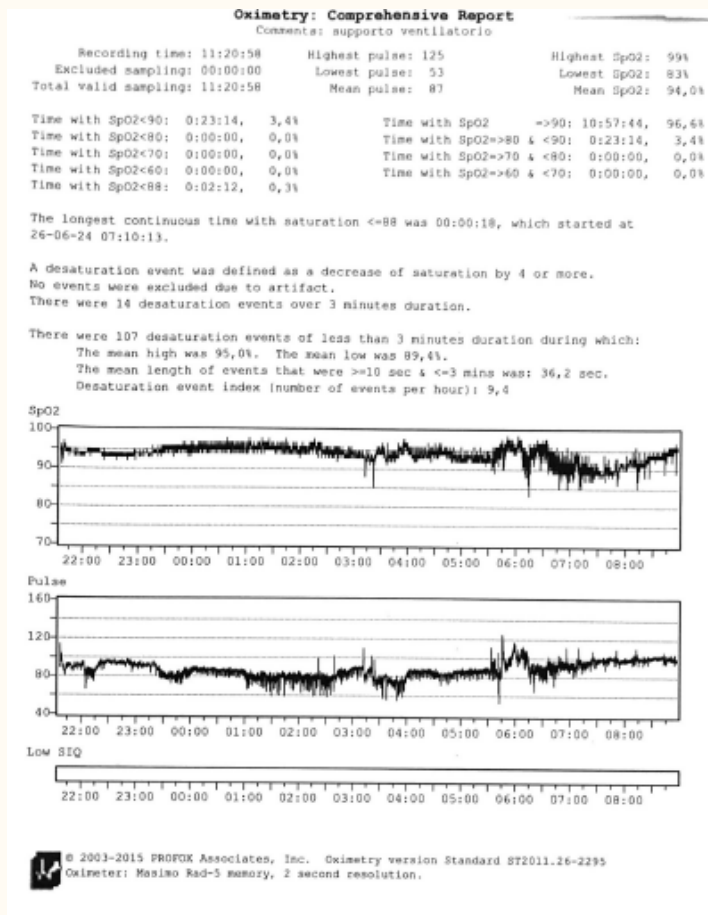


Supporto ventilatorio

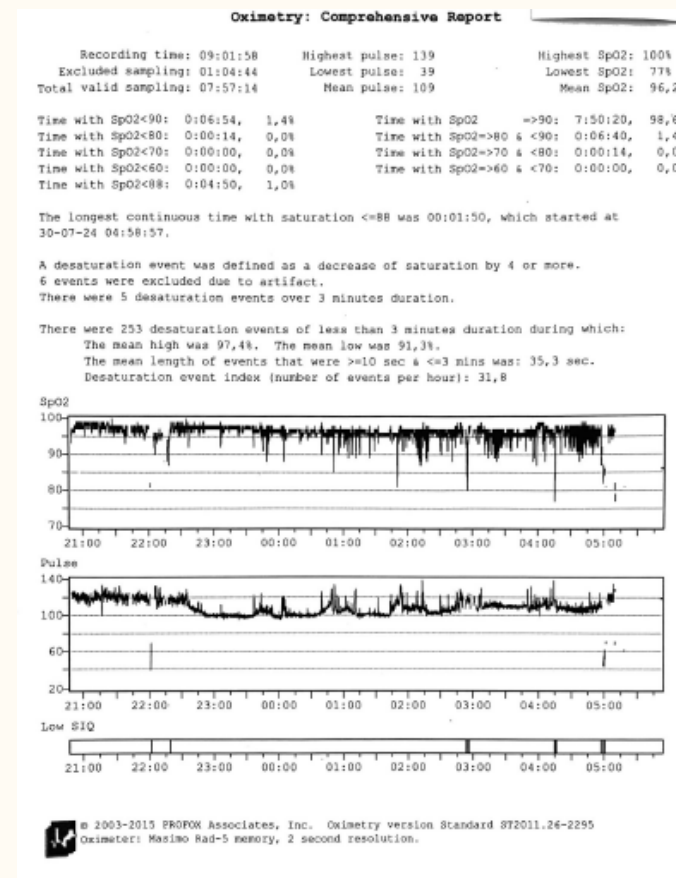


Studio del sonno – saturimetria notturna

Crisi epilettiche

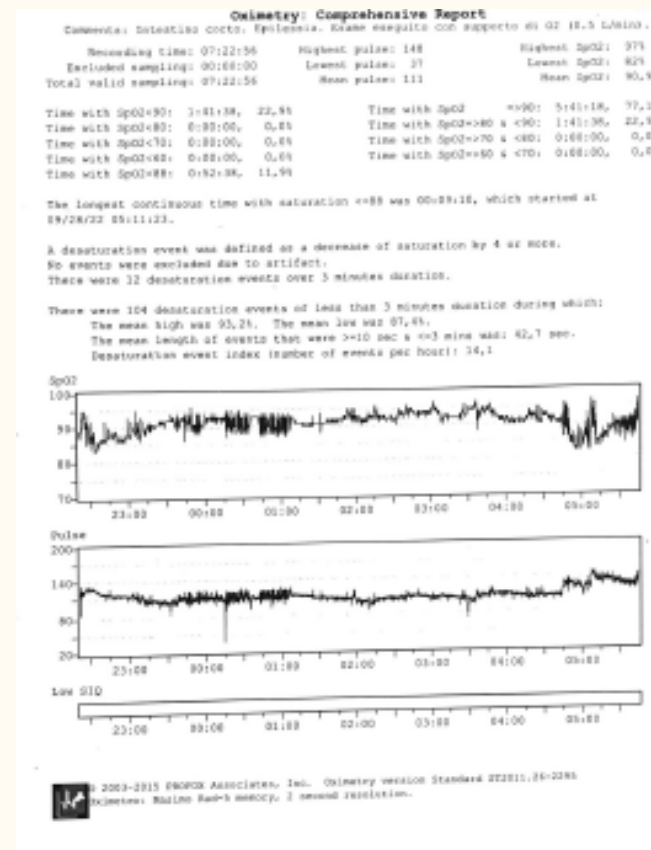
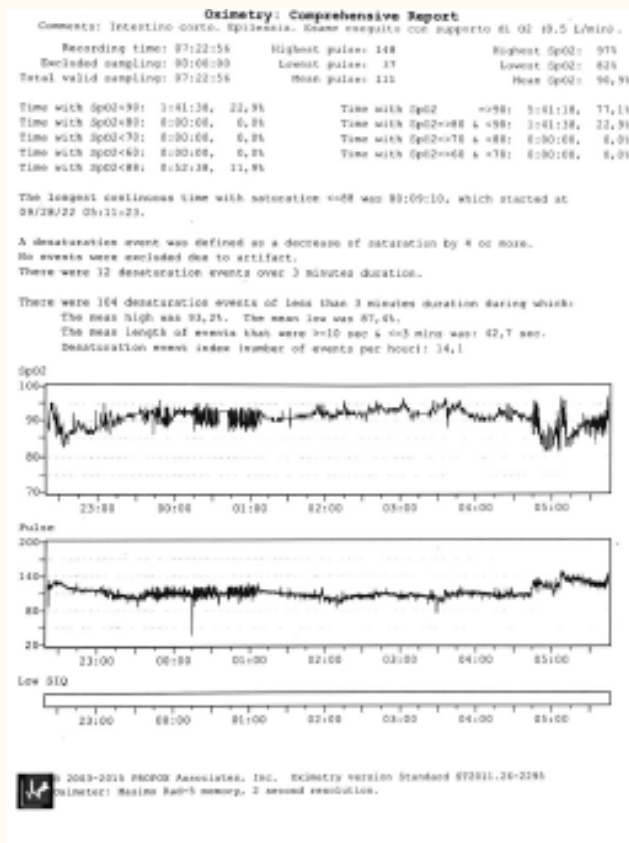


Apnee. Perdita di segnale/artefatti



Studio del sonno – saturimetria notturna

Desaturazioni toniche e fasiche



Grazie

