

PNEUMOLOGIA PEDIATRICA

PROVE DI FUNZIONALITÀ RESPIRATORIA

La valutazione della funzionalità respiratoria
nel bambino non collaborante

La misura della funzionalità respiratoria
in età prescolare

La spirometria nel bambino collaborante

La valutazione dei Volumi Polmonari Statici
nella Patologia Respiratoria e nelle patologie
extra-polmonari

La diffusione alveolo-capillare in età pediatrica
I test di iperreattività bronchiale

Le prove da sforzo in età pediatrica

Pulsiossimetria ed emogasanalisi:
la base della fisiopatologia respiratoria

Rinomanometria in età pediatrica
e studio della funzione nasale

La misura dell'ossido nitrico espirato:
applicazioni cliniche

Un articolo "patchwork":
cosa dovrebbero leggere i pediatri



INDICE

Editoriale

Editorial

Renato Cutrera, Giancarlo Tancredi, Stefania La Grutta

La valutazione della funzionalità respiratoria nel bambino non collaborante

Lung function tests in uncooperative children

Ferdinando Savignoni, Francesca Landolfo, Claudia Columbo, Flaminia Calzolari, Andrea Dotta

La misura della funzionalità respiratoria in età prescolare

Lung Function Tests in preschool children

Grazia Fenu, Claudia Calogero, Alfredo Boccaccino, Enrico Lombardi

La spirometria nel bambino collaborante

Spirometry in cooperating children

Stefania La Grutta, Giuliana Ferrante

La valutazione dei Volumi Polmonari Statici nella Patologia Respiratoria e nelle patologie extra-polmonari

Lung Volumes in Respiratory Pathology and its applications in extra-pulmonary diseases

Marcello Verini, Paola Di Filippo, Salvatore Cazzato.

La diffusione alveolo-capillare in età pediatrica

Diffusion Lung Capacity in children

Massimo Pifferi, Vincenzo Ragazzo, Maria Di Cicco

I test di ipereattività bronchiale

Bronchial hyperreactivity test

Laura Tenero, Carlo Capristo, Giorgio Piacentini

Le prove da sforzo in età pediatrica

Exercise tests in children

Giancarlo Tancredi, Valeria Tromba, Renato Cutrera, Giulia Cafiero, Attilio Turchetta.

Pulsiossimetria ed emogasanalisi: la base della fisiopatologia respiratoria

Pulse oximetry and blood gas analysis: the bases of respiratory pathophysiology

Aleksandar Veljkovic, Elvira Rizza, Cristiana Tinari, Elisabetta Bignamini

Rinomanometria in età pediatrica e studio della funzione nasale

Pediatric rhinomanometry and nasal functionality study

Anna Maria Zicari, Anna Rugiano, Francesca Occasi, Giovanna De Castro, Marzia Duse

Pneumologia Pediatria

Volume 16, n. 62 - giugno 2016

Direttore Responsabile

Francesca Santamaria (Napoli)

Direzione Scientifica

Stefania La Grutta (Palermo)
Luigi Terracciano (Milano)

Segreteria Scientifica

Silvia Montella (Napoli)

Comitato Editoriale

Angelo Barbato (Padova)
Filippo Bernardi (Bologna)
Alfredo Boccaccino (Misurina)
Attilio L. Boner (Verona)
Mario Canciani (Udine)
Carlo Capristo (Napoli)
Fabio Cardinale (Bari)
Salvatore Cazzato (Bologna)
Renato Cutrera (Roma)
Fernando M. de Benedictis (Ancona)
Fulvio Esposito (Napoli)
Mario La Rosa (Catania)
Massimo Landi (Torino)
Gianluigi Marseglia (Pavia)
Fabio Midulla (Roma)
Luigi Nespoli (Varese)
Giorgio L. Piacentini (Verona)
Giovanni A. Rossi (Genova)
Giancarlo Tancredi (Roma)
Marcello Verini (Chieti)

Editore

Giannini Editore
Via Cisterna dell'Olio 6b
80134 Napoli
e-mail: editore@gianninispa.it
www.gianninieditore.it

Coordinamento Editoriale

Center Comunicazioni e Congressi Srl
e-mail: info@centercongressi.com
Napoli

Realizzazione Editoriale e Stampa

Officine Grafiche F. Giannini & Figli SpA
Napoli

© Copyright 2015 by SIMRI
Finito di stampare nel mese di febbraio 2016

**La misura dell'ossido nitrico espirato (FENO):
applicazioni cliniche** 72

*Measurement of exhaled nitric oxide (FENO): clinical
applications*

Mario Barreto, Anna Prete, Maria Pia Villa

Contributo Speciale 78

*Un articolo "patchwork": cosa dovrebbero leggere i pediatri
A patchwork paper: what pediatricians should read*

Andrew Bush

Traduzione a cura di Maria Elisa Di Cicco

Pulsiossimetria ed emogasanalisi: la base della fisiopatologia respiratoria

Pulse oximetry and blood gas analysis : the bases of respiratory pathophysiology

Aleksandar Veljkovic¹, Elvira Rizza², Cristiana Tinari¹, Elisabetta Bignamini¹
¹AOU Città della Salute e della Scienza di Torino SC Pneumologia Presidio Regina Margherita
²Università degli Studi di Torino Scuola di Specializzazione in Malattie dell'Apparato Respiratorio

Corrispondenza: Elisabetta Bignamini **email:** ebignamini@cittadellasalute.to.it

Riassunto: L'emogasanalisi (EGA) è l'esame *gold standard* per la diagnosi dell'insufficienza respiratoria, permettendo di valutare tre elementi fondamentali, il pH, la PaO₂ e la PaCO₂

La pulsiossimetria (SPO₂) consente una valutazione non invasiva della saturazione pulsatile di ossigeno, che si correla con quella arteriosa. Alla base della scelta di uno o di entrambi i sistemi di valutazione sta, come sempre il quesito clinico cui si voglia rispondere, ricordando che questi esami si limitano a fornire la valutazione quantitativa della gravità dei disturbi di scambio dei gas e le indicazioni sui fattori fisiologici sottostanti, non potendo quindi prescindere dagli altri aspetti generali e specifici della presa in carico diagnostica e terapeutica del bambino.

Parole chiave: Pulsiossimetria, Emogasanalisi, Insufficienza respiratoria.

Summary: Blood gas analysis (EGA) is actually the gold standard exam for the diagnosis of respiratory failure. This technique permits to evaluate three fundamental elements: pH, PaO₂ and PaCO₂. Pulse Oximetry (SPO₂) allows a non invasive evaluation of oxygen pulsatile saturation, which correlates with the arterial one. At the base of the choice between one or both these two evaluation systems there is, as usual, the clinical question we want to answer, remembering that these exams only give a quantitative measurement of the severity of the gas exchanges anomalies and indications about the physiological underlying factors. Therefore, regardless the technique used, it is necessary to evaluate the other aspects, general and specific, of the diagnostic and therapeutic children's follow up.

Key words: Pulse oximetry, Blood gas analysis, Respiratory failure.

INTRODUZIONE

L'atto della respirazione comprende la ventilazione, gli scambi gassosi intrapolmonari, il trasporto dei gas e gli scambi gassosi tessutali. La valutazione dell'efficacia degli scambi gassosi intrapolmonari è fondamentale nella diagnosi di insufficienza respiratoria, si parla infatti d'insufficienza respiratoria (IR) quando il polmone non è in grado di procedere ad un'adeguata ossigenazione del sangue arterioso o non è in grado di prevenire la ritenzione di CO₂.

Si distinguono due tipo d'insufficienza respiratoria:

- IR tipo 1: PaO₂ < 60 mmHg (<8KPa) con PaCO₂ normale o ridotta;
- IR tipo 2: PaO₂ < 60 mmHg (<8KPa) e PaCO₂ > 45 mmHg (>6KPa) e indipendentemente dal tipo può essere acuta, cronica o cronica riacutizzata.

L'emogasanalisi (EGA) è l'esame *gold standard* per la diagnosi d'insufficienza respiratoria, permettendo di valutare tre elementi fondamentali, il pH, la PaO₂ e la PaCO₂. La pulsiossimetria (SPO₂), invece, consente una valutazione non invasiva della saturazione pulsatile di ossigeno, che viene posta in correlazione con la saturazione arteriosa. Alla base della scelta tra questi sistemi di valutazione vi è il quesito clinico che ci si pone, ricordando che questi esami si limitano a fornire la valutazione quantitativa della gravità dei disturbi di scambio di gas e le indicazioni sui fattori fisiologici sottostanti. Il presente lavoro non ha alcuna pretesa di essere esaustivo su un argomento così complesso, ma intende sottolineare alcuni aspetti, delle due metodiche, che possano essere di utilità nella pratica clinica.

INDICAZIONI ALLO STUDIO DEGLI SCAMBI GASSOSI

Lo studio degli scambi gassosi in pneumologia pediatrica è fondamentale nella gestione del bambino con insufficienza respiratoria acuta o cronica in quanto:

- permette la diagnosi e la classificazione del tipo di insufficienza respiratoria;
- determina scelte terapeutiche critiche, come ad esempio l'ossigeno-terapia ad alti/bassi flussi, ventilazione non invasiva e intubazione
- permette di valutare l'efficacia della terapia impostata;
- permette di monitorare l'andamento clinico;
- permette d'intercettare l'instaurarsi di un quadro d'insufficienza respiratoria in patologie a rischio.

Principali indicazioni in alcune patologie acute

- Le patologie acute polmonari, quali polmonite, bronchiolite ed asma. In queste patologie prevale l'ipossia ed è quindi indicato, nelle varie linee guida specifiche, l'utilizzo della SPO₂. L'utilizzo del saturimetro, in associazione alla valutazione della dispnea, della tosse e della frequenza respiratoria, aumenta la correttezza della diagnosi di polmonite(1). Per la bronchiolite è segnalato il rischio di "overdiagnosi" e quindi di aumento dei ricoveri, anche non necessari, con l'utilizzo routinario della SPO₂ (2). In tutte queste patologie, in particolare nell'asma, è importante ricordare che il persistere della dispnea, può condurre, attraverso meccanismi di fatica muscolare e respiro rapido e superficiale, ad una progressiva ipercapnia e va quindi controllata l'EGA anche in base alle condizioni cliniche del paziente;
- le cause meccaniche d'ipoventilazione, quali trauma toracico e versamento pleurico, casi in cui è indispensabile valutare anche l'EGA oltre al monitoraggio continuo con SPO₂;
- le patologie che riducono il calibro delle vie aeree e determinano ostruzione grave delle vie aeree prossimali, come corpi estranei, laringiti e movimenti paradossi delle corde vocali. In questi casi è importante l'utilizzo dell'EGA per la valutazione della PaCO₂, in quanto l'ipossia è legata principalmente all'ipoventilazione (16);
- l'alterato controllo centrale della ventilazione, quali traumi, infezioni e neoplasie. L'inquadramento diagnostico deve essere effettuato anche con l'EGA;
- la risposta insufficiente a mantenere adeguata ossigenazione tissutale, ovvero lo shock settico;
- lo *screening* neonatale di patologie cardiache, che consente l'identificazione precoce di patologie cardiache critiche, il *critical congenital heart disease* (CCHD), mediante SPO₂ (3).

Principali indicazioni in alcune patologie croniche

- Le patologie polmonari a manifestazione nel periodo neonatale, come ad esempio la broncodisplasia e le malformazioni polmonari, per cui è utile la valutazione anche dell'EGA, soprattutto nell'ossigenoterapia a lungo termine;
- le patologie cardiache con ipertensione polmonare, in questo caso è utile anche l'EGA, soprattutto nelle fasi avanzate della malattia;
- le patologie interstiziali, dove il monitoraggio anche con EGA è utile soprattutto nelle fasi avanzate della malattia;
- fibrosi cistica e bronchiectasie non fibrocistiche, dove l'andamento dei gas ematici, passa da una situazione di ipocapnia, legata all'iperventilazione abituale, alla normocapnia e, in fase avanzata o terminale di malattia, alla ipercapnia, rendendo utile la valutazione anche dell'EGA. Lo *screening* della SPO₂ notturna, permette di intercettare precocemente l'insorgere di complicanze respiratorie (4);
- disturbi respiratori del sonno, dove la SPO₂ è utilizzata, in circostanze particolari, come esame di primo livello (5, 6);
- patologie neuromuscolari, dove la valutazione degli scambi gassosi e della saturimetria notturna concorre all'intercettazione precoce dell'insorgenza di insufficienza respiratoria e all'inizio "programmato" del supporto ventilatorio (7);

- disordini della gabbia toracica, come distrofia toracica e gravi scoliosi. In questi casi valgono le stesse osservazioni delle patologie neuromuscolari.

EMOGASANALISI (EGA)

L'emogasanalisi fornisce i seguenti dati (8):

- stato acido base (pH);
- funzione respiratoria (paO₂, paCO₂, SaO₂);
- funzione metabolica (bicarbonati, eccesso di base, anion gap).

Nella tabella 2 sono riportati i dati emogasanalitici attesi in condizioni basali e nelle varie forme di alterazione degli scambi gassosi. È importante conoscere le caratteristiche del compenso metabolico dei disturbi respiratori primari, per poterne valutare le modalità ed i tempi d'insorgenza e poter così meglio correlare questi dati con la situazione clinica del piccolo paziente. Possiamo così schematizzare il compenso metabolico atteso nei disturbi respiratori:

- Ipercapnia, acidosi respiratoria acuta : HCO₃⁻ aumenta di 1 mEq/l-1 ogni 10 mmHg di aumento della CO₂ > 40 mmHg. Esempio: Pa CO₂ = 60 (40 +20) HCO₃⁻ = 24 + 2 = 26
- Ipercapnia, acidosi respiratoria cronica: HCO₃⁻ aumenta di 3- 4 mEq/l-1 ogni 10 mmHg di aumento della CO₂ > 40 mmHg. Esempio: Pa CO₂ = 60 (40 +20) HCO₃⁻ = 24 + 4 = 28

In caso invece di ipocapnia acuta ci attendiamo che l' HCO₃⁻ diminuisca di 2mEq/l-1 ogni 10 mmHg di diminuzione della CO₂ <40 mmHg e nell'ipocapnia cronica che l' HCO₃⁻ diminuisca da 5 mEq/l-1 ogni 10 mmHg di diminuzione della CO₂ < 40 mmhg (10)

Gap Anionico

Il Gap Anionico (GA) è un parametro dello stato acido-base utilizzato nella valutazione dei pazienti che presentano un'acidosi metabolica, allo scopo di determinare se il problema sottostante sia un accumulo di idrogenioni o una perdita di bicarbonato. Esso è un parametro affidabile soltanto in caso di valore proteico normale e si rimanda agli articoli citati per un eventuale approfondimento. (8-9).

Raccolta del campione

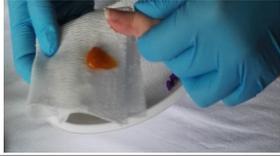
L'emogasanalisi può essere arteriosa, venosa o capillare, con una variazione attesa dei valori normali, così come riportato nella tabella seguente: è quindi sempre fondamentale che venga specificata la modalità di raccolta del campione (tabella 1).

Tab. 1. Sinossi dei risultati attesi con le diverse modalità della raccolta del campione ematico (8)			
Parametri-unità	Capillare	Arteriosa	Venosa
pH	7,38 - 7,42	7,38 - 7,42	7,36 - 7,40
pO₂ mmHg	>80	80 - 100	35 - 45
kPa	>10,6	12 - 13,3	4,6 - 6,0
pCO₂ mmHg	40	37 - 43	45 - 50
kPa	5,3	4,6 - 6,0	5,3 - 6,6
SatO₂%	95 - 97	95 - 97	55 - 70
HCO₃⁻ mmol/l	21 - 29	21 - 29	24 - 30
BE mmol/l	-2 +2	-2 +2	-2 +2

L'emogasanalisi arteriosa può essere effettuata a livello delle arterie radiale, la più utilizzata nell'adulto, femorale e brachiale ed è un esame non privo di complicanze, anche se rare, quali infezioni, pseudoaneurisma, rottura del vaso. In età pediatrica, e comunque in generale nel paziente che debba essere sottoposto routinariamente all'esecuzione dell'emogasanalisi, è preferibile il prelievo capillare che, in particolare se effettuato dal lobo dell'orecchio, offre

valori pressoché sovrapponibili a quelli arteriosi anche per la pO₂, mentre il prelievo dal dito offre valori sovrapponibili per pH e pCO₂ (11). L'analisi del campione prevede tre fasi: fase preanalitica; fase analitica; fase post analitica. La fase preanalitica si compone di 4 momenti: preparazione del paziente e del materiale, il prelievo del campione, detto campionamento, la conservazione e il trasporto. La fase analitica è quella nella quale il campione di sangue viene introdotto nell'emogasanalizzatore per ottenere i valori. La fase postanalitica è l'interpretazione del referto con eventuale formulazione di diagnosi e conseguente trattamento terapeutico. Di seguito viene riportata, in figura 1, la procedura del prelievo capillare.

Fig 1. Procedura del prelievo capillare

Procedura Prelievo capillare	Procedura	Prelievo lobo auricolare (preferibile)	Prelievo polpastrello
Fase pre-analitica	Materiale: ago, pomata evulsivante, garze imbevute di disinfettante		
	Riscaldare la sede di puntura (lobo dell'orecchio/polpastrello) con pomata revulsivante		
	Detersione della cute con garze sterili e clorexidina 2%. Preparazione del campo sterile.		
	Pungere		
	Far defluire la goccia nel capillare, tenendolo inclinato di circa 10-15°		
Inserire il ferretto, sigillare il capillare, miscelare il campione ottenuto con l'ausilio della calamita			
	Trasporto in ghiaccio		

Interpretazione dei risultati

Nella tabella 2, riportata di seguito, sono schematizzate le principali variazioni emogasanalitiche di comune riscontro nella pratica clinica, sottolineando anche le differenze attese nel quadro acuto, subacuto o cronico.

Tab. 2. Variazioni emogasanalitiche nelle diverse forme di alterazione degli scambi gassosi.

EQUILIBRIO ACIDO-BASE sangue arterioso
Valori normali
pH = 7.36-7.44 acidosi pH < 7,35 alcalosi pH > 7,45
PaCO₂ = 36-40 mmHG acidosi respiratoria PaCO₂ > 45 alcalosi respiratoria < 35
HCO₃⁻ = 22-26 mEq/l acidosi metabolica HCO₃⁻ < 22 alcalosi metabolica > 26

	pH	PCO ₂	HCO ₃ ⁻
Acidosi respiratoria			
scompensata (acuta)	-	+	N
subacuta	-	+	+
compensata (cronica)	N	+	+
Alcalosi respiratoria			
scompensata (acuta)	+	-	N
Subacuta	+	-	-
compensata (cronica)	N	-	-
Acidosi metabolica			
scompensata (acuta)	-	N	-
Subacuta	-	-	-
compensata (cronica)	N	-	-
Alcalosi metabolica			
scompensata (acuta)	+	N	+
subacuta	+	+	+
compensata (cronica)	N	+	+

Legenda: + = aumentato; - diminuito N = normale (10).

PULSOSSIMETRIA (SPO₂)

Il *background* teorico per lo sviluppo del pulsiossimetro risale alla fine del 1800, quando era stato osservato che i cambiamenti dello spettro di assorbimento della luce, *in vivo*, erano associati alla perfusione tissutale, si devono però attendere gli anni 70 per la prima presentazione alla comunità scientifica del pulsiossimetro così come inteso oggi (12). Attualmente l'utilizzo della pulsiossimetria nella pratica quotidiana dell'ospedale pediatrico è ormai un "standard of care" in molte situazioni cliniche, dall'accettazione in pronto soccorso, al monitoraggio di pazienti in ambienti intensivi e sub intensivi, alla neonatologia e sta entrando nella pratica quotidiana anche del pediatra di famiglia. Il principio di funzionamento del saturimetro è basato sulla legge di Bouguer-Lambert-Beer che stabilisce una relazione empirica che correla la quantità di luce assorbita da un mezzo alla natura chimica, la concentrazione e allo spessore del mezzo attraversato, riuscendo così a stabilire la concentrazione di un soluto ignoto in un solvente dall'assorbimento della luce stessa (13). La fonte luminosa è costituita da due LEDs che emettono fasci di luce a lunghezza d'onda nota, generalmente 660nm (rossa) e 940 nm (infrarossa). L'emoglobina ossigenata, rispetto all'emoglobina ridotta, assorbe più nello spettro dell'infrarosso e meno in quello del rosso.

La maggior parte della luce è assorbita dal tessuto connettivo, dalla pelle, dalle ossa e dalle vene, in modo costante e non varia con la pulsazione cardiaca. Nonostante ciò ad ogni battito cardiaco vi è, però, un piccolo aumento (pulsazione) di sangue arterioso che viene assorbito dalla luce, che rappresenta, invece, la quota variabile. La saturazione viene calcolata con la differenza del rapporto tra assorbimento pulsatile/assorbimento basale di luce rossa e infrarossa.

Quando il pulsiossimetro riceve il segnale del sensore restituisce la percentuale di ossiemoglobina rapportata alla somma della ossiemoglobina ed emoglobina ridotta definita saturazione funzionale. Bisogna considerare che la presenza significativa di altre forme di emoglobina può influenzare la lettura del pulsiossimetro. In particolare, la metaemoglobina possiede un'elevata assorbenza pulsatile ad entrambe le lunghezze d'onda e la carbossiemoglobina non viene distinta dalla ossiemoglobina (tabella 3) (14). Bisogna inoltre ricordare che i valori normali della SPO₂ variano con l'età, l'altitudine e che, ad oggi, non vi è ancora una completa uniformità su quali considerare. A seconda della fascia d'età, viene riportata una media di valori che varia da 97,6% nella prima settimana di vita (*range* 92-100 %) a 98% a 2-4 settimane (*range* 87-100%) a 99,5% tra i 2 e i 16 anni (*range* 96-100%) (16).

Tab. 3. Condizioni che interferiscono con la lettura della SPO₂ (8,13,14,16).

CONDIZIONE		CAUSA	EFFETTO
Emoglobine anomale	COHb	Assorbimento di luce rossa simile all'ossiemoglobina	Desaturazione non attendibile
	MetHb	Assorbe la stessa quantità di luce rossa e infrarossa alterando la ratio di assorbimento	
Coloranti e pigmenti	Blu di metilene	Il blu di metilene ha un'alta assorbenza a 660nm	Desaturazione non attendibile
	Smalto per unghie scuro nero, blu o verde, unghie artificiali	Riduzione del segnale per riduzione dell'assorbimento della luce	
Bassa perfusione	Ipovolemia, patologia periferica vascolare, vaso soppressori, freddo, ipotensione	Riduzione del segnale per riduzione della componente pulsatile (arteriolare) dello spettro di assorbimento luminoso	Saturazioni più bassa del reale
Anemia grave	Riduzione significativa sotto un livello di 5g/dl Hb, ma con variabilità intra e intersoggettiva	Segnale inadeguato. Si può avere una SatpO ₂ normale anche con valori di Hb patologici!	Valori inattendibili
Fonti luminose esterne	Lampade chirurgiche, luce del sole, lampade ad infrarossi, fototerapia	Interferenza con il fotodetector	Segnale inadeguato
Pulsazioni venose	Possono verificarsi, p.e, in caso di grave insufficienza cardiaca destra, ma anche per posizionamento dello sfigmomanometro sopra la sede di misurazione della saturazione	Aumento del "rumore" per la pulsazione del sangue venoso	Saturazione più bassa del reale
Aritmie	Tachiaritmia	Aumento del "rumore" causato dalla tachiaritmia stessa	Saturazione più bassa del reale
Interferenza elettromagnetica	RMN, telefoni cellulari	Riscaldamento del sensore, falsi allarmi.	Saturazione più bassa del reale

Rilevazione della pulsiossimetria

La messa in commercio di pulsiossimetri a basso costo, ha fatto sì che questo strumento sia entrato non solo nelle borse dei medici, ma anche nelle case di bambini con patologie banali, i cui genitori pensano di aver così acquisito uno strumento di valutazione dello stato clinico del loro bambino che possa quasi andare a sostituire il pediatra di famiglia o il pronto soccorso. L'utilizzo del saturimetro a domicilio non è comunque una novità, in quanto è uno degli strumenti di ausilio diagnostico di riacutizzazione e di monitoraggio, con allarmi per la notte, prescritto a bambini in ossigenoterapia a lungo termine, in ventilazione domiciliare invasiva e non invasiva, in particolare se affetti da patologie neuromuscolari rapidamente degenerative. I *caregiver* di questi bambini sono "abilitati" dal personale dei centri ospedalieri di dimissione, all'utilizzo dello strumento secondo quanto riportato da linee guida e protocolli condivisi. Purtroppo, l'attendibilità del dato varia anche dalla tipologia di strumento e sensore utilizzati e, anche in ambito ospedaliero, è nota la difficoltà di registrazione di un segnale attendibile, spesso per la presenza di artefatti da movimento. Per questo da anni si sono sviluppate tecnologie, quali la *Signal Extraction Technology* (SET), che attraverso l'uso di filtri adattativi, sono in grado di adeguarsi ai vari "rumori" fisiologici e di distinguerli, visualizzando sul monitor la SPO₂ reale (13).

Limiti della pulsiossimetria

La SPO₂ fornisce una stima della saturazione arteriosa dell'emoglobina funzionale, ossia quella in grado di trasportare ossigeno; e non fornisce indicazioni dirette sulla PaCO₂, anche se, in letteratura, sono riportati studi in cui valori di SPO₂ < 96% in aria ambiente; correlano con presenza di ipercapnia (15). Il limite fisiologico più importante è quello di non essere in grado di individuare l'iperossia, in pazienti in ossigenoterapia, a SPO₂ > 92% a causa della nota forma della curva di dissociazione dell'ossiemoglobina. A modificazioni relativamente piccole di SPO₂ si può associare un rilevante aumento della PaO₂, fatto che deve essere considerato, in particolare nei soggetti particolarmente vulnerabili all'iperossia, quali i neonati pretermine (15). Di seguito sono riportate le condizioni che più frequentemente interferiscono con la lettura della SPO₂. Ovviamente i primi fattori che interferiscono con una corretta lettura, sono legati alla tecnologia dello strumento utilizzato e del sensore. Un altro punto da ricordare è la possibilità di "time lag" nel rilevare l'ipossiemia, variabile, in base alla complessità dell'algoritmo contenuto nello strumento. I saturimetri di nuova generazione hanno cercato di ovviare a questo problema (erano segnalati anche 15/20 secondi di ritardo nei primi strumenti utilizzati!), ma comunque non tutti possono essere, ancora oggi, utilizzati con sicurezza nei pazienti critici (16).

CONCLUSIONI

La pulsiossimetria trova ampia applicazione nella pratica clinica, essendo considerata di facile utilizzo ed interpretazione. L'introduzione di altri strumenti che valutano la CO₂ (transcutanea o end-tidal) può rappresentare un ulteriore ausilio non invasivo nella determinazione dei gas ematici ma, ad oggi, è necessario ricordare l'insostituibilità dell'emogasanalisi come strumento diagnostico puntuale di malattie respiratorie acute e croniche in età pediatrica. Prediligere il prelievo capillare, con la tecnica riportata, può facilitarne l'uso e ridurre il dolore e le possibili complicanze in confronto all'EGA arterioso.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Thompson MN, Coad N, Harnden A, et al. *How well do vital signs identify children with serious infections in paediatric emergency care?* Arch Dis Child 2009;94: 888-893.
- (2) Hendaus MA, Jomha F.A, Alhammadi AH. *Pulse oximetry in bronchiolitis: is it needed?* Ther Clin Risk Manag 2015;11:1573-1578.
- (3) Thangaratinam S, Daniels J, Ewer AK, et al. *Accuracy of pulse oximetry in screening for congenital heart disease in asymptomatic newborns: a systematic review.* Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2007;92: 176-180.
- (4) Kraemer R, Latzi P, Pramana I, et al. *Long-term gas exchange characteristics as markers of deterioration in patients with cystic fibrosis.* Respir Res. 2009, 10:106.
- (5) Tsai CM, Kang CH, Su MC, et al. *Usefulness of desaturation index for the assessment of obstructive sleep apnea syndrome in children.* Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2013; 77: 1286-1290.
- (6) Kaditis A, Kheirandish-Gozal L, Gozal D. *Pediatric OSAS: Oximetry can provide answers when polysomnography is not available.* Sleep Med Rev 2016, 27: 96-105.
- (7) Bersanini C, Khirani S, Ramirez A, et al. *Nocturnal hypoxaemia and hypercapnia in children with neuromuscular disorders.* Eur Respir J. 2012; 39: 1206-1212.
- (8) Papoff P, Midulla F, Moretti C. *Blood gas assessment and oximetry.* ERS Handbook; Paediatr Resp Med 2013: 93-99.
- (9) P. D. Wagner *The physiological basis of pulmonary gas exchange: implications for clinical interpretation of arterial blood gases* Eur Respir J 2015;45(1):227-43
- (10) Dzierba AL, Abraham P. *A Practical Approach to Understanding Acid–Base Abnormalities in critical illness.* Journal of Pharmacy Practice 24(1) 17-26
- (11) Zavorsky GS, Caob J, Mayoc NE, et al. *Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis.* Respir Physiol Neurobiol. 2007; 155: 268-279.
- (12) Severinghaus JW, *Takuo Aoyagi: discovery of pulse oximetry.* Anesth Analg 2007;105: 1-4.
- (13) Bignamini E, Esposito I, Goia M, et al, *Un saturimetro sempre in borsa: quale e perchè?* Pneumol Ped. 2010; 40: 3-8.
- (14) Tin W, Lal M. *Principles of pulse oximetry and its clinical application in neonatal medicine.* Semin Fetal Neonatal Med. 2015; 20: 192-197.
- (15) Witting MD, Hsu S, Granja CA. *The sensitivity of room-air pulse oximetry in the detection of hypercapnia.* Am J Emerg Med. 2005; 23, 497-500.
- (16) S Fouzas, KN. Priftis, MB. Anthracopoulos. *Pulse oximetry in pediatric practice.* Pediatrics 2011;128: 740–752
- (17) IM Balfour-Lynn *Domiciliary oxygen for children* Pediatr Clin North Am. 2009; 56(1): 275-296.