

CAPIRE L'EMOGASANALISI: UN METODO SEMPLICE PER INTERPRETARE I PIÙ COMUNI DISTURBI ACIDO BASE

FABIO VIGANÒ

Clinica Veterinaria San Giorgio - San Giorgio su Legnano (MI)

Riassunto

Scopo del presente lavoro è illustrare un metodo di facile comprensione dell'emogasanalisi.

L'emogasanalisi è l'unico esame che ci permette di stabilire lo stato acido base del paziente e l'efficienza dell'apparato cardiopolmonare nello scambiare ossigeno con l'ambiente. L'emogasanalisi è la misurazione del pH e dei gas coinvolti nel suo equilibrio. Per interpretare i risultati ottenuti con l'emogasanalisi, si inizia riconoscendo l'origine del campione, se è arteriosa, venosa o mista (artero-venosa). Le misurazioni ottenute si leggono nel seguente ordine cronologico: pH (concentrazione di H⁺), pCO₂ (pressione parziale di anidride carbonica) e HCO₃⁻ (bicarbonato). Quindi si identifica il disturbo primario stabilendo se è presente una acidemia od una alcalemia e se la paCO₂, è alterata nella stessa direzione (es. acidemia ed acidosi respiratoria) nel qual caso il problema è respiratorio, se invece è il bicarbonato ad essere alterato nella stessa direzione (es. acidosi e riduzione del bicarbonato) allora il disturbo primario è metabolico.

Summary

The aim of this study is to present an easy way to understand and recognize the most common acid base imbalance. The emogasanalysis is the only blood exam that measures the acid-base status and verifies the efficacy of the cardiopulmonary system in exchanging gases from blood to the environment. The emogasanalysis measure the partial pressure of gases involved in the acid base equilibrium. The interpretation start recognizing the specimen source (arterial, venous or venous admixture). The result must be read in the following order: pH (hydrogen ion concentration), pCO₂ (carbon dioxide partial pressure) and HCO₃⁻ (bicarbonate concentration); then is necessary recognize the primary disturb and if there is an acidemia or an alcalemia. If the CO₂ is altered in the same direction (acidemia and respiratory acidosis) the problem take his origin from the respiratory system, instead if the HCO₃⁻ is altered in the same direction of the pH (acidosis and HCO₃⁻ reduction) the primary disturb is metabolic.

INTRODUZIONE

Scopo del presente lavoro è illustrare un metodo semplice per comprendere l'emogasanalisi e fornire le basi atte a correggere i più comuni disturbi dell'equilibrio acido base.

In passato la pratica dell'emogasanalisi era appannaggio esclusivo di ospedali o centri di ricerca ben attrezzati. Per eseguirla infatti era necessario disporre di apparecchiature molto complesse che richiedevano una manutenzione ed una calibrazione costanti, inoltre i costi elevati di acquisto e gestione ne limitavano l'uso. Questi erano i principali motivi che rendevano l'interpretazione dei dati fornito patrimonio di poche persone. Successivamente furono realizzate apparecchiature sempre più piccole, ma altrettanto affidabili, capaci di fornire risultati in tempi brevi e senza ri-

chiedere la presenza di personale specializzato. Oggi sono disponibili strumenti palmari in grado di fornire dati qualitativamente e quantitativamente paragonabili a quelli ottenuti con macchine più complesse e sofisticate^{1,2,4,6,7}.

L'emogasanalisi è l'unico esame che ci permette di stabilire lo stato acido base del sangue e l'efficienza dell'apparato cardiopolmonare nello scambiare ossigeno con l'ambiente. Un'alterazione dello stato acido base ed una riduzione dell'ossigeno disponibile modificano profondamente le reazioni chimiche che avvengono nella cellula, con conseguenze talvolta fatali.

FISIOLOGIA

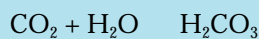
Come fare a quantificare lo stato acido base in un mezzo come quello ematico? In teoria la risposta è semplice: basterebbe immergere la sonda di un comune piaccmetro in un campione di sangue e misurarne lo stato di acidità o

“Articolo ricevuto dal Comitato di Redazione il 2/6/2001 ed accettato per pubblicazione dopo revisione il 3/9/2001”.

basicità. Tutto ciò sarebbe molto meno costoso e molto più semplice. Il problema è che così facendo non raccogliremmo nessuna informazione riguardante la causa che ha prodotto l'alterazione e la funzionalità dell'apparato cardiorespiratorio. Ai fini terapeutici è importante conoscere le specie chimiche responsabili dello squilibrio acido base e se i dati misurati corrispondono alla sintomatologia del paziente.

Le specie chimiche maggiormente coinvolte nell'equilibrio acido base sono l'acqua e l'anidride carbonica. L'anidride carbonica in presenza di acqua forma acido carbonico tramite una reazione catalizzata dall'anidrasi carbonica. Questo enzima, ubiquitario nell'organismo, rende istantanea una reazione altrimenti molto lenta. Tale equilibrio può essere così sintetizzato:

(formula n. 1)



Maggiore sarà la concentrazione di anidride carbonica (CO_2) disciolta nell'acqua, maggiore sarà la concentrazione di acido carbonico (H_2CO_3). La reazione evidenzia una specie chimica acida (H_2CO_3) la quale ha una sua costante di dissociazione (pKa). La pKa, in sintesi, indica la tendenza dell'acido carbonico a dissociarsi in idrogenioni (H^+) e ioni bicarbonato (HCO_3^-). Il suo equilibrio è rappresentato dalla seguente formula:

(formula n. 2)



Un aumento della concentrazione di idrogenioni è responsabile di una diminuzione del pH ematico; viceversa un incremento della concentrazione di ioni bicarbonato è responsabile di un aumento del pH.

Il pH è la misura logaritmica della concentrazione di ioni idrogeno (H^+). La misura logaritmica inverte il segno della concentrazione potendo generare un'incomprensione. Può venire infatti spontaneo pensare che se aumenta la concentrazione di idrogenioni il pH aumenta perché esso misura la loro concentrazione: il pH invece diminuisce! Il problema risiede nel fatto che se misurassimo la concentrazione di una specie chimica come l' H^+ senza utilizzare la scala logaritmica ritroveremo a fare i conti con numeri estremamente complessi e tanti zeri (l' H^+ è presente in ragione di qualche decina di nanoequivalenti = 0,0000001 mEq/l). Utilizzando i nanoequivalenti avremmo inoltre difficoltà interpretative poiché ad una variazione del pH non corrisponde sempre una esatta variazione dei nanoequivalenti. La misurazione logaritmica del pH si calcola con la seguente formula:

(formula n. 3)

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,03 \text{ PCO}_2}$$

comunemente conosciuta con il nome di Henderson-Hasselbach. Osservando l'equazione si possono ricono-

scere le due molecole maggiormente coinvolte nell'equilibrio acido base: il bicarbonato (HCO_3^-) e l'anidride carbonica (CO_2).

Applicando la Henderson Hasselbach si possono comprendere alcuni concetti importanti: ad un aumento dell'anidride carbonica si verifica una riduzione del pH, mentre ad un incremento del bicarbonato si ha un aumento del pH. In altre parole è come se dicessimo che ad incrementi della CO_2 (dovuti a difficoltà respiratorie oppure ad una sua maggiore produzione) l'acidità nell'organismo tende ad aumentare, mentre una sua diminuzione tende a farla ridurre. Allo stesso modo un aumento della concentrazione dell' HCO_3^- tende ad aumentare il pH ed una sua diminuzione tende a ridurlo. Nell'organismo però le cose non sono così semplici. Ogni semplificazione porta con sé l'esclusione di alcune componenti che in situazioni particolari diventano invece molto importanti. Vediamo ora di comprendere cosa succede in vivo.

Se uniamo le formule n. 1 e 2 a lato esposte avremo un'idea più completa di quanto accade nella realtà:

(formula n. 4)



Il comportamento delle specie chimiche indicate nella formula n. 4 si spiega con l'azione della legge di massa. Essa afferma che i prodotti a destra e a sinistra dell'equazione devono rimanere costanti o meglio in equilibrio, perciò se si verifica un aumento di una specie chimica a sinistra dell'equazione, l'altra (quella di destra), per bilanciare, deve aumentare anch'essa.

Per esempio, se aumenta l' HCO_3^- si ha un corrispondente aumento della CO_2 . Di fatto un aumento dell' HCO_3^- provoca un aumento della produzione di acido carbonico (H_2CO_3). Un aumento dell'acido carbonico è responsabile di un incremento della produzione di CO_2 , spostando l'equilibrio verso sinistra. Se il paziente è in grado di ventilarsi efficacemente eliminerà con la respirazione l'eccesso di CO_2 , se invece la capacità ventilatoria è ostacolata (o la gittata cardiaca è ridotta) avremo un incremento della CO_2 , con conseguente riduzione del pH ematico e acidosi respiratoria paradossa. Questo rappresenta uno dei problemi più comuni nella terapia dell'acidosi quando si utilizza il bicarbonato di sodio (NaHCO_3). Se viene somministrato in quantità eccessive o se il paziente ha una ventilazione inefficace o gravemente ostacolata oppure la gittata cardiaca è ridotta, possiamo compromettere un equilibrio già sbilanciato. A questo punto diventa molto importante somministrare il bicarbonato di sodio sotto stretto monitoraggio emogasanalitico e respiratorio. Allo stesso modo un aumento della CO_2 sposta l'equilibrio verso destra, incrementando la produzione di acido carbonico che deve essere compensata da una maggiore produzione di bicarbonato in quanto consumato dall'acido prodotto. Un esempio caratteristico di questa situazione è la ritenzione di anidride carbonica per una malattia dello spazio pleurico (es. pneumotorace, emotorace). In genere entro 6-12 ore i reni iniziano a compensare la perdita di bicarbonato aumentandone la ritenzione a livello di tubulo prossimale, quando i reni non sono in grado di effettuare la compensazione si realizza uno squilibrio a favore della

CO₂ con aumento dell'acido carbonico ed una riduzione del pH ematico. Perciò a variazioni del pH ematico corrispondono compensazioni rapide che sfruttano l'apparato respiratorio e croniche che utilizzano la capacità dei reni di riassorbire bicarbonato. Oltre alla CO₂ esiste un'altra sorgente di acidi, essi sono prodotti durante il metabolismo degli amminoacidi e sono più comunemente conosciuti come "acidi fissi". Gli acidi fissi non possono essere eliminati con la respirazione. Questi acidi sono tamponati dal bicarbonato prodotto a livello del tubulo prossimale renale oppure sono eliminati come NH₄⁺ (ione ammonio) a livello dei tubuli collettori renali.

Esistono altri tamponi che sfruttando altre basi (oltre al bicarbonato) compensano le variazioni del pH, essi si trovano sia nello spazio extracellulare sia in quello intracellulare. La base intracellulare contenuta in maggior quantità è l'emoglobina, essa è presente nei globuli rossi e costituisce circa l'80% della capacità del sistema tampone extracarbonato, il rimanente è costituito da altre proteine come l'albumina, l'ATP (adenosina trifosfato), il 2-3 difosfoglicerato ed i fosfati organici ed inorganici. Il bicarbonato possiede circa il 40% della capacità tampone totale, l'emoglobina il 35%, altre proteine (la più importante è l'albumina) 7%, il fosfato organico 3% ed il fosfato inorganico 2%¹¹. Con l'emogasanalisi purtroppo non è possibile determinare la loro concentrazione, in seguito, verrà illustrato il loro significato clinico nel paragrafo concernente l'eccesso di basi (Base Excess).

MISURAZIONE DELLO STATO ACIDO BASE: L'EMOGASANALISI

Che cosa è? È la misurazione del pH e dei gas disciolti nel sangue. Il pH come abbiamo visto in precedenza è misurato su scala logaritmica per semplificare i calcoli, mentre i gas disciolti sono misurati come pressione parziale espressa in millimetri di mercurio (mmHg) o in Kilopascal (kPa). Il fattore di conversione da mmHg a kPa è 0,133. La pressione parziale dell'ossigeno nel sangue arterioso viene indicata come paO₂, mentre la pressione parziale della CO₂ come paCO₂.

Tutte le apparecchiature per eseguire l'emogasanalisi, misurano il pH, la paCO₂ e la paO₂, mentre calcolano il bicarbonato e l'eccesso di basi (Base Excess). Alcuni apparecchi essendo forniti di un coossimetro, sono in grado di misurare anche la saturazione dell'ossigeno (SO₂), la percentuale di carbossiemoglobina, la percentuale di mettaemoglobina e la quantità di emoglobina. In commercio spesso vengono preferiti quegli apparecchi che sono in grado di misurare anche gli elettroliti più importanti come il sodio, il potassio, il cloro ed il calcio, la loro concentrazione è utile per formulare uno dei principali criteri di scelta della fluidoterapia. La fluidoterapia endovenosa, dovrebbe essere sempre scelta anche in base agli elettroliti ed al pH ematico, così da poter soddisfare i fabbisogni del paziente, correggere i disturbi acido base ed evitare la somministrazione di soluzioni pericolose. Un esempio di quanto è importante conoscere gli elettroliti ematici, ci è fornito dai pazienti ipernatriemici, infatti se in questi casi si somministra rapidamente una soluzione povera di sodio, si può procurare un cambiamento di

volume delle cellule cerebrali con alterazione della loro funzionalità.

Perché è necessario eseguire l'emogasanalisi? Oltre ai motivi precedentemente esposti, vediamo ora un esempio nel quale un'alterazione della funzionalità cardiopolmonare può essere corretta solo conoscendo l'emogasanalisi. Un paziente tachipneico, tachicardico e cianotico potrebbe avere due problemi completamente differenti. Potrebbe avere un innalzamento del pH ematico, una riduzione della paCO₂ ed una riduzione della paO₂, perché affetto da una insufficienza ventilatoria acuta. Lo stesso paziente potrebbe avere un pH diminuito, un aumento della paCO₂ ed una modesta riduzione della paO₂. Nel secondo caso il paziente è affetto da un problema prevalentemente ventilatorio mentre il primo soffre di ipossia.

La diagnosi basata sull'esame emogasanalitico, nel primo caso aveva *documentato* una insufficienza respiratoria, *specificando* che il problema principale era dovuto all'ipossia, identificando il disturbo primario (diminuita paO₂) e *quantificato* la gravità dell'anormalità misurando i gas scambiati con l'ambiente. Nel secondo caso si è potuta documentare una insufficienza respiratoria, specificando che il problema principale era dovuto alla ventilazione (paCO₂ elevata) e quantificato la gravità del processo morboso^{2,3,5}.

L'emogasanalisi serve allora per differenziare se i disturbi acido-base sono di origine metabolica o respiratoria e se i deficit respiratori sono prevalentemente ventilatori o di ossigenazione. Essa dovrebbe essere eseguita in ogni paziente affetto da una grave malattia così da poter trattare disturbi acido-base che mettono in pericolo di vita il paziente e per stabilire la capacità dei polmoni di portare l'ossigeno al sangue. L'emogasanalisi riveste inoltre un ruolo guida per la fluidoterapia, infatti la scelta dei fluidi da somministrare deve essere fatta anche in base ai disturbi acido-base ed elettrolitici.

Dalla formula di Henderson-Hasselbach (n. 3) abbiamo visto che gli idrogenioni e l'anidride carbonica sono parte del sistema tampone del bicarbonato, misurando i primi due possiamo calcolare il bicarbonato e misurando la concentrazione dell'emoglobina anche l'eccesso di basi (BE). Determinando e calcolando queste componenti otteniamo tutti i dati necessari per interpretare lo stato acido base e ventilatorio del paziente.

I valori normali misurati nel cane e nel gatto (differenti laboratori possono avere intervalli differenti) sono riportati nella Tabella 1.

DEFICIT DI BASI

Eseguendo l'emogasanalisi è possibile calcolare anche l'eccesso o il **deficit di basi** (abbreviato comunemente con BE, dall'inglese Base Excess).

Abbiamo già visto che oltre al bicarbonato, nel sangue si trovano altre basi come l'emoglobina, contenuta in grandi quantità. Quando si ha un aumento degli acidi, fissi o volatili, la quantità di basi totali e di bicarbonato presenti nel sangue diminuisce^{3,4,9,10}. Negli stati di alcalosi metabolica, invece, il bicarbonato aumenta. In altre parole è come se dicessimo che ad ogni aumento o diminuzione di bicarbonato si verifica un aumento o una diminuzione di tutte le basi presenti nel sangue. Perciò la misurazione delle basi presen-

Tabella 1

PARAMETRO	CANE Arterioso	CANE Arterioso Range	CANE Venoso	CANE Venoso Range	GATTO Arterioso	GATTO Arterioso Range	GATTO Venoso	GATTO Venoso Range
pH	7,4	7,35 - 7,45	7,40	7,32 - 7,50	7,39	7,24 - 7,45	7,36	7,28 - 7,41
CO ₂	38	35 - 45	35,3	33 - 50	37	25 - 37	40,8	33 - 45
HCO ₃ ⁻	24	22 - 27	22,3	18 - 26	18	15 - 22	22,4	18 - 23
O ₂	92	80 - 110			107	96 - 118	39,1	35 - 45
BE	±2	-2 - +2	±2	-2 - +2	±2,5	-2 - +2,5	+2,5	-2 - +2,5
AG		12 - 20		12 - 20	12 - 18	12 - 18		12 - 18
TCO ₂		23 - 29		23 - 29	15 - 20	15 - 20		15 - 20
SO ₂	> 90				> 90			
A-a	10 - 20				10 - 20			

Legenda. pH = concentrazione di idrogenioni, CO₂ = anidride carbonica, HCO₃⁻ = bicarbonato, O₂ = ossigeno, BE = base excess, AG = anion gap, TCO₂ = anidride carbonica totale, SO₂ = saturazione dell'emoglobina, A-a = gradiente alveolo arterioso.

ti nel sangue rappresenta una misurazione più accurata della sola determinazione dello ione bicarbonato. Per poterla calcolare è necessario conoscere la concentrazione dell'emoglobina: se consideriamo 15 g/dl come valore normale della quantità di emoglobina presente nel sangue e 20 ± 4 mEq/l la concentrazione normale di bicarbonato è possibile stabilire l'eccesso od il deficit con la seguente formula:

(formula n. 5)

$$BE = BB \text{ normale} - BB \text{ misurate}$$

Dove BB indica le basi tampone (Buffer Base) il cui valore normale è di circa 48 mEq/l, se si assume l'emoglobina normale pari a 15 g/dl.

I valori normali di BE (Base Excess) sono compresi tra ± 2 mEq/l. Quando i valori misurati sono positivi e maggiori di 2, significa che vi è un eccesso di basi e che probabilmente anche il bicarbonato è aumentato, viceversa un valore negativo e maggiore di due indica che vi è una carenza di basi e che il bicarbonato dovrebbe essere diminuito.

Valutando il BE si possono generare incomprensioni perché, quando esso diminuisce, si afferma che l'eccesso di basi è ridotto, ma è soltanto un problema di terminologia, infatti se il BE si chiamasse riserva di basi, non si creerebbero contraddizioni.

Generalmente il bicarbonato costituisce circa la metà del valore di BE. Il valore di BE può variare a seconda del laboratorio, ciò dipende se il BE è calcolato nel sangue o nel liquido extracellulare, modificare la formula utilizzata e fare i calcoli necessari per ottenere valori riferiti ad uno od all'altro compartimento, può essere complicato e non apporta vantaggi.

In alcuni casi, un valore al di fuori dell'intervallo di riferimento, può essere normale ed anzi indicare una buona risposta da parte dell'organismo. Per esempio un paziente che soffre di un'acidosi respiratoria cronica potrà avere un BE superiore alla norma per tamponare l'aumento della CO₂ presente nel sangue: in questo caso avere un BE elevato non è un riscontro patologico ma costituisce la risposta naturale ad un alterato equilibrio acido-base.

Un aumento del BE può essere dovuto ad un aumento di basi oppure ad una diminuzione degli acidi, una diminuzione del BE può essere dovuta ad una riduzione delle basi oppure ad un aumento degli acidi.

Il BE è utile, ad esempio, in corso di acidosi metabolica per comprendere se il disturbo è compensato dalle basi presenti nel torrente circolatorio oppure se devono essere rimpiazzate. In questi casi se il BE è inferiore alla norma dovremmo decidere se il disturbo va corretto con l'aggiunta di basi o loro precursori oppure se è necessario controllare l'eccesso di produzione di acidi. Come verrà illustrato in seguito l'iter decisionale dipenderà dal processo morboso in corso e dalla valutazione dell'esame emogasanalitico in toto.

ANION GAP

Un altro parametro che è importante misurare quando si valuta lo stato acido base è l'**anion gap** (AG). Per problemi di elettroneutralità i cationi e gli anioni presenti nel sangue devono essere pari. I cationi si distinguono in: misurati, come il sodio (Na⁺) ed il potassio (K⁺), e non misurati (UC) in quanto contenuti in quantità inferiore come il calcio (Ca⁺⁺) ed il magnesio (Mg⁺⁺). Anche gli anioni seguono la stessa sorte, diversificandosi in misurati, come il cloro (Cl⁻) ed il bicarbonato (HCO₃⁻), e non misurati (UA) come le proteine, i fosfati, i solfati presenti nel sangue.

Il loro equilibrio è regolato dalla seguente equazione:

(formula n. 6)

$$(\text{Na}^+ + \text{K}^+) + \text{UC}^+ = (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) + \text{UA}^-$$

Perciò se volessimo misurare la differenza tra cationi ed anioni dovremmo cambiare i termini dell'equazione nel seguente modo:

(formula n. 7)

$$\text{AG} = [(\text{Na}^+ + \text{K}^+) + \text{UC}^+] - [(\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) + \text{UA}^-]$$

Semplificando ulteriormente la formula, l'AG o deficit di anioni è calcolato sottraendo ai cationi misurati gli anioni misurati nel seguente modo:

(formula n. 8)

$$AG = (Na^+ + K^+) - (Cl^- + HCO_3^-)$$

In condizioni normali i cationi sono più numerosi degli anioni. L'AG normale è compreso in un intervallo di valori che varia da 12 a 20 mmol/l. Quando aumentano gli anioni minori (UA), quelli maggiori ($Cl^- + HCO_3^-$) devono diminuire per mantenere il bilancio elettrolitico invariato, producendo un aumento dell'AG.

Tipici esempi di aumento degli anioni minori sono: l'acidosi lattica, la chetoacidosi, l'insufficienza renale con aumento di solfati e fosfati, l'uremia, l'avvelenamento da glicole etilenico e da salicilati. L'acidosi metabolica con AG normale è tipica dell'insufficienza renale o della diarrea. In corso di queste malattie si verificano spesso perdite di bicarbonato con aumento compensatorio dello ione cloro (perché il bilancio elettrolitico deve rimanere invariato), tanto da essere identificate come acidosi ipercloremiche. Quindi una volta identificata un'acidosi metabolica, il calcolo dell'AG diventa importante per identificarne la causa.

INTERPRETAZIONE DELL'EMOGASANALISI

L'interpretazione dell'emogasanalisi non è semplice e deve sempre tenere conto del processo morboso in corso e dell'anamnesi. A volte può essere necessario eseguire una radiografia per confermare il sospetto diagnostico, altre volte occorre controllare continuamente i parametri vitali (frequenza cardiaca, respiratoria, temperatura corporea, tempo di riempimento capillare, misurazione della pressione arteriosa, ecc.) per osservare il decorso del processo morboso ed eseguire più emogasanalisi.

Per interpretare l'emogasanalisi, come prima cosa è necessario identificare se il campione è di origine arteriosa, venosa o mista (artero-venosa). I campioni di origine arteriosa hanno una percentuale di saturazione dell'emoglobina maggiore del 90%. I campioni con una saturazione dell'emoglobina pari od inferiore al 75% sono di origine venosa o mista.

Le misurazioni emogasanalitiche si leggono col seguente ordine cronologico:

1. pH, quando è inferiore a 7,35 si ha acidemia, quando è maggiore di 7,45 abbiamo alcalemia. Il termine acidosi ed alcalosi indicano la tendenza di un processo a realizzare il disturbo, sia esso un'acidemia o un'alcalemia.
2. $paCO_2$, quando è maggiore di 45 abbiamo un'acidosi respiratoria e quando è inferiore a 35 abbiamo un'alcalosi respiratoria.
3. HCO_3^- , quando è inferiore a 20 con un BE - 5 vi è un'acidosi, se è > 20 ed un BE > 5 abbiamo un'alcalosi.

DISTURBO PRIMARIO

Osservate le prime tre componenti (pH, $paCO_2$, HCO_3^-) è utile identificare il disturbo primario. Per poterlo riconoscere è necessario caratterizzare l'alterazio-

ne del pH ovvero se siamo di fronte ad un'acidosi oppure ad un'alcalosi. Per poterlo fare basta confrontare il dato ottenuto con i valori normali (vedi Tabella 1). Quindi controlliamo il valore della $paCO_2$: se è alterata nella stessa direzione allora il disturbo primario sarà respiratorio. Ad esempio se un paziente ha un pH inferiore ai livelli normali (acidosi) ed un aumento della $paCO_2$ (acidosi respiratoria) il disturbo primario sarà dovuto ad una insufficienza ventilatoria. Se invece in presenza di acidemia avremo una riduzione del bicarbonato, allora il disturbo primario sarà metabolico (acidosi metabolica). Lo stesso metodo si può applicare per pH maggiori del normale (alcalosi): se il bicarbonato è aumentato avremo una componente metabolica come disturbo primario, se invece la $paCO_2$ è diminuita il disturbo primario è respiratorio.

Quindi per riconoscere il disturbo primario si osserva l'alterazione del pH e successivamente le sue componenti: la CO_2 ed il HCO_3^- . In corso di acidosi (riduzione del pH) dovremo stabilire se l'origine del problema è respiratoria o metabolica, nel primo caso si avrà un aumento della pressione parziale dell'anidride carbonica, nel secondo caso si osserverà una riduzione del bicarbonato. Viceversa, in presenza di alcalosi (aumento del pH) il disturbo primario sarà respiratorio se l'anidride carbonica diminuisce mentre sarà metabolico se il bicarbonato aumenta. Vedi algoritmo.

COMPENSAZIONE

Riconosciuto il disturbo primario dobbiamo verificare se la *compensazione* messa in atto dall'organismo è dell'entità attesa o differente. Se la risposta del paziente è proporzionata significa che sta cercando di correggere l'alterazione con i propri meccanismi compensatori, se invece la risposta è inadeguata la malattia non è sotto controllo e può causare alterazioni incompatibili con la vita. Squilibri non compensati sono facili da identificare perché il valore alterato riguarda un solo parametro, il bicarbonato per l'alcalosi metabolica e l'anidride carbonica per la componente respiratoria. Nella maggior parte dei pazienti il pH costituisce la guida per identificare il disturbo primario perché l'organismo non compensa mai in eccesso. Vedi algoritmo 1 e 2.

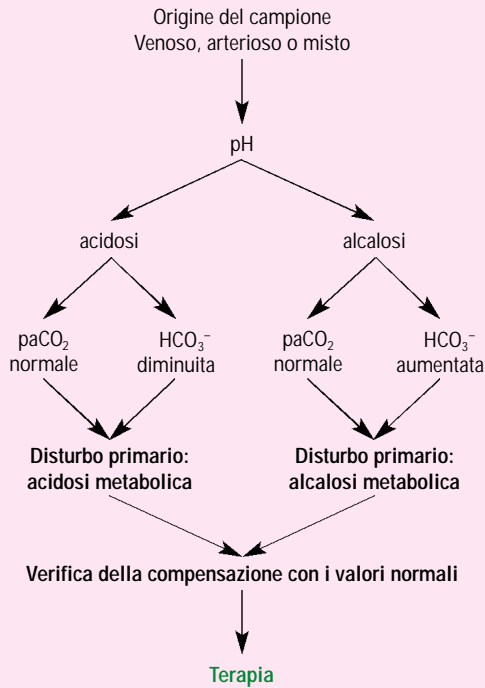
Le normali compensazioni nei nostri pazienti sono riportate nella Tabella 2.

II GRADIENTE ALVEOLO-ARTERIOSO (A-a)

L'emogasanalisi, oltre a valutare lo stato acido base, ci permette di misurare il gradiente alveolo-arterioso di ossigeno. Tale gradiente è di fondamentale importanza quando si vuole studiare il rapporto ventilazione/perfusione (V-Q). È quindi un parametro utile per giudicare la funzionalità dell'apparato respiratorio. Il gradiente alveolo arterioso è la differenza tra la pressione parziale calcolata dell'ossigeno alveolare e la pressione parziale dell'ossigeno misurata nel letto arterioso.

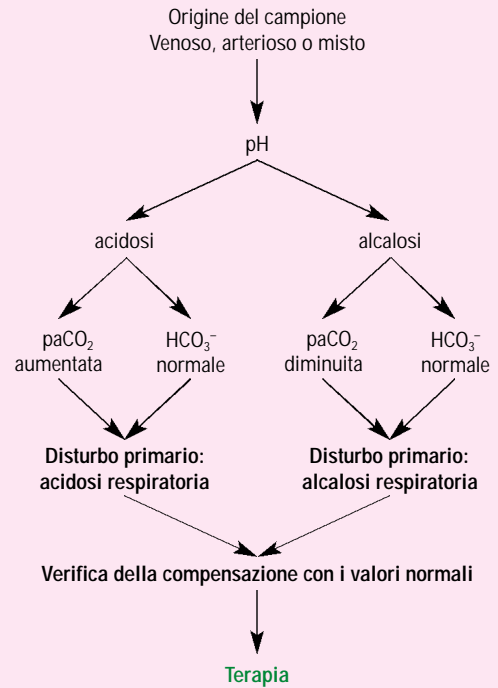
Tale parametro indica la capacità dei polmoni di trasportare l'ossigeno dall'aria ambiente al sangue.

SQUILIBRI ACIDO-BASE DI ORIGINE METABOLICA



ALGORITMO 1

SQUILIBRI ACIDO-BASE DI ORIGINE RESPIRATORIA



ALGORITMO 2

Si calcola con la seguente formula:

(formula n. 9)

$$A-a = PAO_2 - paO_2$$

(formula n. 10)

$$PAO_2 = (\text{pressione barometrica}-47) FiO_2 - (paCO_2/0,8)$$

Nella prima parte della seconda equazione (form. n. 10) si misura la pressione parziale dell'ossigeno nell'aria ambiente: moltiplicando la FiO_2 (percentuale di ossigeno nel gas inspirato) per la pressione barometrica sottratta del vapore acqueo (pressione barometrica - 47), otteniamo la frazione di aria che contiene ancora l'anidride carbonica la quale va divisa per il quoziente respiratorio.

Valori superiori a 15 mmHg stanno ad indicare un aumento del rapporto V-Q come si verifica in corso di malattie polmonari parenchimali (es. polmonite). Maggiore sarà il rapporto V-Q, maggiore sarà l'ipossiemia. La differenza

Tabella 2

DISTURBO PRIMARIO	ALTERAZIONE	COMPENSAZIONE
Acidosi metabolica	Riduzione HCO_3^- di 1 mEq/l	Riduzione $paCO_2$ di 0,7 mmHg
Alcalosi metabolica	Aumento HCO_3^- di 1 mEq/l	Aumento $paCO_2$ di 0,7 mmHg
Acidosi resp. Acuta	Aumento $paCO_2$ di 1 mmHg	Aumento HCO_3^- di 0,15 mEq/l
Acidosi resp. Cronica	Aumento $paCO_2$ di 1 mmHg	Aumento HCO_3^- di 0,35 mEq/l
Alcalosi resp. Acuta	Riduzione $paCO_2$ di 1 mmHg	Riduzione HCO_3^- di 0,25 mEq/l
Alcalosi resp. Cronica	Riduzione $paCO_2$ di 1 mmHg	Riduzione HCO_3^- di 0,55 mEq/l

Legenda. $paCO_2$ = pressione parziale di anidride carbonica. HCO_3^- = concentrazione ioni bicarbonato.

In presenza di acidosi, identificato il disturbo primario e valutata l'entità della compensazione, si osserva l'AG, se è aumentato è dovuto ai metaboliti (es. acido lattico) prodotti da una delle malattie sopra citate.

esistente tra l'ossigeno presente negli alveoli e quello presente nel sangue arterioso è dovuto ad una ostacolata diffusione dell'ossigeno e non è influenzata dalla differenza della pressione parziale dell'ossigeno inspirato o dalla ventilazione. Il gradiente A-a aumenta anche in corso di ipossia da diffusione e shunt polmonare destro-sinistro. Il A-a è quindi importante per comprendere la gravità di alcune malattie polmonari, stabilire la terapia, osservarne l'efficacia e valutare il decorso del processo morboso.

Parole chiave

Cane, gatto, emogasanalisi, pH, squilibri acido base, bicarbonato, anidride carbonica, acido carbonico, ioni idrogeno.

Key words

Dog, cat, emogasanalysis, pH, acid base imbalance, bicarbonate, carbon dioxide, carbonic acid, hydrogen ion.

Bibliografia

1. MR Raffae, Drandall, C.Kulas, J Laber, et. al: Validation of a point of care chemistry and blood gas analysis. Proceedings fifth International Veterinary Symposium Veterinary Emergency and Critical care Society, San Antonio, 1996.
2. BA Shapiro, WT Peruzzi, R Tamplin: Clinical application of blood gases, Mosby, 1994.
3. L. Martin: All you really need to know and to interpret arterial blood gases. Lea and Febiger Philadelphia, 1992.
4. BD Rose: Clinical physiology of acid base and electrolyte disorders. 4th edition, Mac Graw-Hill Inc. New York, 1994.
5. S. Di Bartola: Fluid therapy in small animal practice 2nd ed, Saunders, 2000.
6. Jones NL: Blood gases and acid-base Physiology, 2nd ed. Thieme Medical Publishers, New York, 1987.
7. BaileyJE, Pablo LS: Practical approach to acid-base disorders. West J. Med 155:146-151, 1991.
8. Shapiro BA, Cane RD, Chomka CM, et al: Preliminary evaluation of intrarterial blood gas system in dogs and humans. Crit Care Med, (17): 455-460, 1989.
9. Wingfield WE: Veterinary emergency secrets 2nd ed. Hanley & Belfus, Inc/Philadelphia, 2001.
10. Krapf R, Berry CA, Alpern RJ, et al: Regulation of cell pH by ambient bicarbonate, carbon dioxide tension, and pH in rabbit proximal convoluted tubule. Journal Clin Invest 81:381, 1988.
11. Pestana C: L'equilibrio idroelettrolitico nel paziente chirurgico. Raffaello Cortina Editore, Milano, 1982.

il trattamento delle dermatomicosi

Soluzione antimicotica

Indicato per il trattamento ed il controllo delle dermatomicosi.



Disponibile in farmacia

confezione da 100 ml



Marchio registrato

Imaverol



JANSSEN-CILAG LAB

Milano

Via Michelangelo Buonarroti, 23 • 20093
Cologno Monzese • Tel. 0225101 • Fax 0226708196