

Prediction of arterial blood gas values from arterialized ear lobe blood gas values in adult patients with acute respiratory failure treated by mechanical ventilation

Mohammad-Reza Safavi, M.D.
Azim Honarmand, M.D.



ABSTRACT

Background: Arterial blood gas (ABG) analysis is useful in evaluation of the clinical condition of critically ill patients. However, arterial puncture may cause many complications. Arterialized earlobe blood gas samplings may be useful alternatives to ABG sampling. This study evaluates whether pH, partial pressure of oxygen (PO_2), partial pressure of carbon dioxide (PCO_2), base excess (BE), and bicarbonate (HCO_3^-) values of arterialized earlobe blood samples could accurately predict their ABG analogs for adult patients treated by mechanical ventilation in an intensive care unit (ICU).

Material and Methods: 67 patients who were admitted to the ICU and treated by mechanical ventilation were included in this study. Blood samples were drawn simultaneously from the radial artery and arterialized earlobe of each patient.

Results: Regression equations and mean percentage difference equations were derived to predict arterial pH, PCO_2 , PO_2 , BE, and HCO_3^- values from their earlobe values. pH, PCO_2 , BE and HCO_3^- were all significantly correlated in ABG and earlobe values. In spite of a highly significant correlation, the limits of agreement between the two methods were wide for PO_2 .

Conclusion: Arterialized earlobe blood gas can accurately predict the ABG values of pH, PCO_2 , BE, and HCO_3^- for patients with acute respiratory failure being treated with mechanical ventilation.

Key words: Arterialized earlobe blood gas, Radial arterial blood gas, Acute respiratory failure.

پیش‌بینی اندکس‌های گازهای خون شریانی از اندکس‌های گازهای خون نرمه گوش در بالغین دچار نارسایی تنفسی تحت درمان با تنفس مکانیکی

دکتر محمدرضا صفوی

استاد بارگروه بیهوشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دکتر عظیم هنرمند

استاد بارگروه بیهوشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

چکیده

مقدمه: آنالیز گازهای خون شریانی در ارزیابی وضعیت کلینیکی بیماران بدحال و اداره آنها نقشی تعیین کننده دارد. پاره کردن شریان رادیال با عوارض مختلفی توأم است. ارزیابی گازهای خون از راه نمونه گیری از نرمة گوش یک روش آلترناتیو در تفسیر اندکس های گاز خون شریانی محسوب می گردد. در این مطالعه به بررسی این مطلب پرداخته ایم که آیا اسیدیتة، فشار سهمی اکسیژن، فشار سهمی گاز کربنیک، ازدیاد باز و بی کربنات نمونۀ خون نرمة گوش می توانند دقیقاً این اندکس ها را در گاز خون شریانی بیماران بالغ تحت تنفس مکانیکی در واحد مراقبت های ویژه پیش بینی کنند یا خیر؟

مواد و روش ها: مطالعه روی ۶۷ بیمار بستری در واحد مراقبت های ویژه تحت تنفس مکانیکی صورت گرفت. پس از بستری، نمونۀ خون شریان رادیال توأم با خون نرمة گوش (با روش خاص توسط لوله موئینه) برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه فرستاده شد.

یافته ها: از طریق معادله رگرسیون توانستیم با آنالیز خون نرمة گوش، درجه اسیدی و بازی، فشار سهمی گاز کربنیک، فشار سهمی اکسیژن، ازدیاد باز و بی کربنات خون شریانی را پیش بینی کنیم. در تمام موارد ارتباط معنی داری بین آنالیز گازهای خون نرمة گوش با نمونۀ خون شریانی وجود داشت ($p < 0.05$). علی رغم ارتباط قوی بین این دو روش محدودیت در بررسی فشار سهمی اکسیژن خون شریانی از طریق آنالیز نرمة گوش وجود داشت.

نتیجه گیری: آنالیز گازهای خون نرمة گوش می تواند به طور دقیق اندکس های گاز خون شریانی در بیماران دچار نارسائی حاد تنفسی تحت درمان با تنفس مکانیکی را پیش بینی کند.

کل واژگان: نارسائی حاد تنفسی، گازهای خون شریانی، خون شریانی شده نرمة گوش، خون شریان رادیال.

مقدمه

اندازه گیری گازهای خون شریانی^۱ از طریق نمونه گیری از سرخرگ رادیال با عوارضی مثل درد، آسیب تروماتیک، ترومبوز یا ایسکمی پایانه ها، نخونریزی و افزایش احتمال انتقال بیماری های مسری مثل هپاتیت یا ایدز همراه است.^(۱-۳) نمونه گیری از خون شریانی شده نرمة گوش به عنوان یک روش جایگزین از سال ۱۹۶۰ مطرح بوده

است.^(۴) شریانی کردن نمونۀ خون نرمة گوش روشی ساده، آسان و غیر تهاجمی در بررسی وضعیت اسید و باز بیماران است. در این روش از پاره شدن شریان پیش گیری به عمل می آید. اساس این فرضیه بر این مبنا است که اتساع عروقی ناشی از تأثیر کرم های موضعی روی نرمة گوش، به نزدیک شدن فشار اکسیژن خون شریانی به فشار اکسیژن

1. Arterial Blood Gas (ABG)

بیماران تحت تهویه مکانیکی طی ۴۸ ساعت یا بیشتر با فشار اکسیژن دمی^۱ در حد ۰/۶ یا کمتر و فشار مثبت انتهای بازدمی^۲ مساوی ۵ سانتی‌متر آب قرار داشتند. ابتدا نمونه خون سرخرگی با سر سوزن استریل مستقیماً گرفته می‌شد و سپس، بعد از آغشته شدن به لوله موئینه برای آنالیز به آزمایشگاه فرستاده می‌شد. برای گرفتن نمونه از نرمه گوش، ابتدا نرمه گوش به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه ماساژ داده می‌شد و سپس انتهای آن به‌طور استریل با تیغ جراحی برش داده می‌شد تا خون از آن جاری گردد. در مرحله بعد با لوله موئینه نمونه خون گرفته شده به آزمایشگاه فرستاده می‌شد. پس از گرفتن نمونه خون، دو انتهای لوله موئینه بسته می‌شد تا هوا وارد آن نشود. نمونه‌ها توسط محقق جمع‌آوری و برای آنالیز به آزمایشگاه فرستاده می‌شد. نمونه‌های فوق ظرف دو دقیقه توسط دستگاه آنالیز و مقادیر بی‌کربنات،^۳ فشار اکسیژن خون شریانی، درجه اسید یا قلیائی بودن^۴ و باز اضافی^۵ هر دو نمونه خون ثبت می‌شد. برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۱ استفاده شد. از ضریب پیرسون برای بیان ارتباط و از معادله رگرسیونی برای پیش‌بینی اندکس‌های خون سرخرگی از روی اندکس‌های خون نرمه گوش استفاده شد.

نتایج

مطالعه روی ۶۷ بیمار بزرگسال انجام شد. در جدول شماره ۱ توزیع فراوانی بیماران بر اساس نوع بیماری توضیح داده شده است. متوسط سن بیماران ۴۷/۵۷ ± ۱۹/۵۱ سال بود. ۷۴/۶٪ بیماران مرد (۵۰ نفر) و

خون مویرگی نرمه گوش منجر می‌گردد.^(۵) مطالعات انجام گرفته نشان داده‌اند که ارتباط قابل قبولی بین اندکس‌های گاز خون مویرگی، وریدی و شریانی در بیماران وجود دارد.^(۴، ۶، ۷، ۸) مطالعات انجام گرفته توسط اسکالاتنه و همکاران وی در بخش مراقبت‌های ویژه کودکان مشخص کرده است اندازه‌گیری اندکس‌های خون نرمه گوش از چنان دقتی برخوردار است که می‌تواند جایگزین اندکس‌های خون شریانی گردد.^(۹) اما هنوز مشخص نیست که آیا از این تکنیک می‌توان در مورد بیماران دچار نارسائی تنفسی که تحت حمایت تنفس مکانیکی قرار دارند استفاده کرد یا خیر؟ مطالعه حاضر برای بررسی دقت اندکس‌های گاز خون شریانی شده نرمه گوش در پیش‌بینی اندکس‌های گاز خون شریانی در این بیماران طراحی شده است.

مواد و روش‌ها

بعد از تأیید معاونت پژوهشی دانشگاه و اخذ رضایت کتبی از بیماران یا همراهان آنان، ۶۷ بیمار دچار نارسائی حاد تنفسی بستری در واحد مراقبت‌های ویژه مرکز پزشکی الزهراء اصفهان در فاصله سال ۱۳۸۴-۱۳۸۳ وارد این مطالعه آینده‌نگر شدند. این بیماران همگی تحت تنفس مکانیکی بودند. بیماران با هایپوتانسیون (فشار خون سیستولیک کمتر از ۹۰ میلی‌متر جیوه)، هایپرتانسیون (فشار خون سیستولیک بیشتر از ۱۴۰ میلی‌متر جیوه به فشار خون دیاستولیک بیشتر از ۹۰ میلی‌متر جیوه)، هایپوترمی (دمای آگزیلاری کمتر از ۳۶ درجه سانتی‌گراد)، هایپرترمی (دمای آگزیلاری بیشتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد) از مطالعه خارج شدند. از بیماران در حالت نشسته و به‌طور همزمان نمونه از خون سرخرگ رادیال و خون نرمه گوش برای آنالیز گازهای خونی گرفته شد و در اسرع وقت به آزمایشگاه ارسال گردید. تمام

1. FiO₂
2. PEEP
3. HCO₃⁻
4. pH
5. BE

نمونه، خط رگرسیونی برای تعیین فشار سهمی اکسیژن تا حدی متفاوت بود. شکل‌های ۱ و ۲ تفاوت بین این دو روش برای محاسبه فشار سهمی گاز کربنیک و اکسیژن را نشان می‌دهند. محدوده قابل قبول تفاوت در فشار سهمی گاز کربنیک و اکسیژن بین نمونه خون شریانی و نرمه گوش در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. فشار سهمی اکسیژن خون نرمه گوش در اغلب بیماران کمتر از خون شریانی بود و این تفاوت با افزایش فشار سهمی اکسیژن خون شریانی زیاد می‌شد. با استفاده از معادله رگرسیونی پیش‌بینی مقادیر اندکس‌های گاز خون شریانی از روی اندکس‌های خون نرمه گوش به صورت زیر بیان شد:

$$\text{اسیدیتة خون شریانی} = 1/81 + 0/76 \times \text{اسیدیتة خون مویرگی گوش}$$

$$r = 0/791, 0/0001 < p$$

$$\text{فشار سهمی گاز کربنیک خون شریانی} = 1/44 + 0/7 \times \text{فشار سهمی گاز کربنیک}$$

خون مویرگی گوش

$$r = 0/774, 0/0001 < p$$

$$\text{ازدیاد باز خون شریانی} = 1/14 + 0/95 \times \text{ازدیاد باز خون مویرگی گوش}$$

$$r = 0/89, 0/0001 < p$$

$$\text{بی‌کربنات خون شریانی} = 1/41 + \text{بی‌کربنات خون مویرگی گوش}$$

$$r = 0/874, 0/0001 < p$$

به علاوه پیش‌بینی مقادیر گازهای خون شریانی از روی تفاوت درصد میانگین‌های نمونه خون نرمه گوش به صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{اسیدیتة خون شریانی} = 0/001 \times \text{اسیدیتة خون مویرگی گوش}$$

$$\text{فشار سهمی گاز کربنیک خون شریانی} = 1/04 \times \text{فشار سهمی گاز کربنیک خون}$$

مویرگی گوش

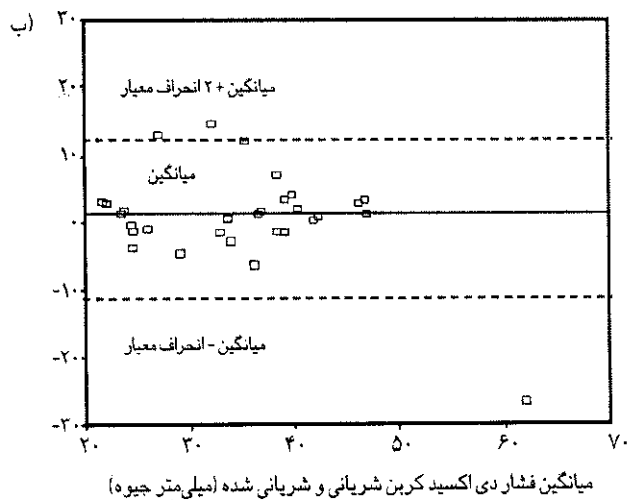
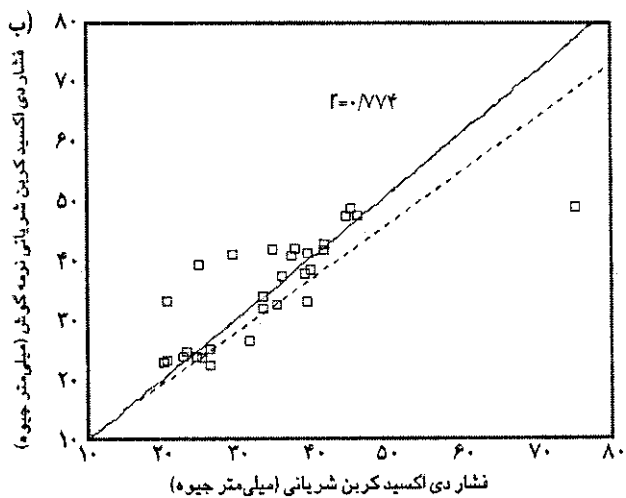
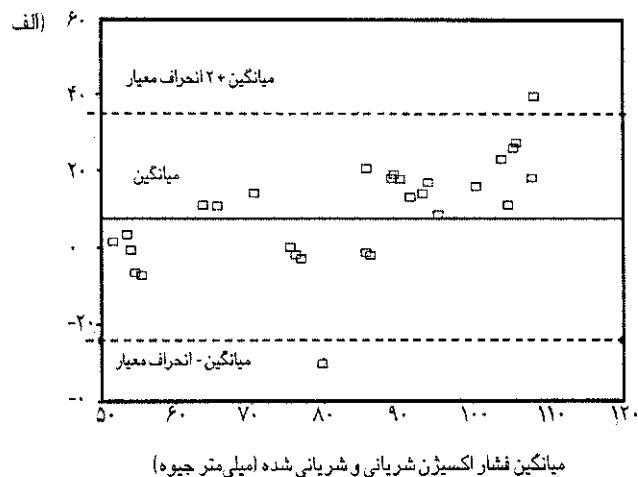
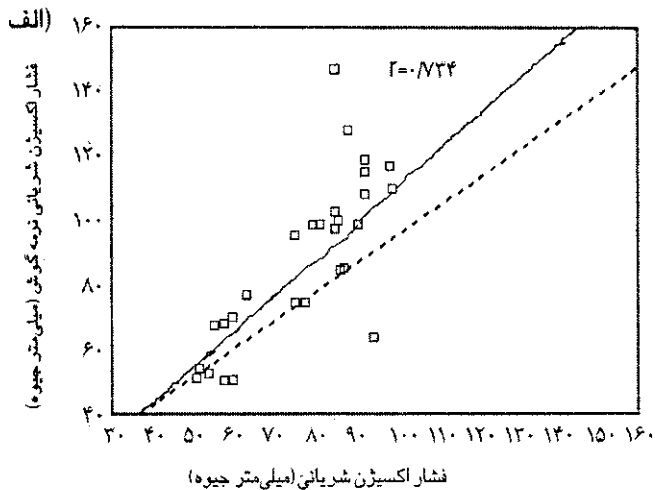
$$\text{ازدیاد باز خون شریانی} = 0/57 \times \text{ازدیاد باز خون مویرگی گوش}$$

$$\text{بی‌کربنات خون شریانی} = 1/06 \times \text{بی‌کربنات خون مویرگی گوش}$$

جدول شماره ۱: تشخیص‌های بالینی بیماران پذیرش شده در واحد مراقبت‌های ویژه

تشخیص	درصد
تروما به سر	۲۷(۴۰٪)
سکته مغزی	۱۱(۱۶/۵٪)
پنومونی	۸(۱۲٪)
تشنج مکرر	۴(۶٪)
خونریزی گوارشی	۳(۴/۵٪)
انسداد روده	۲(۳٪)
توده شکمی	۲(۳٪)
له‌شدگی ریه	۲(۳٪)
مننژیت	۱(۱/۵٪)
میاستنی گراو	۱(۱/۵٪)
دیابت کتواسیدوز	۱(۱/۵٪)
تومور مغزی	۱(۱/۵٪)
کانسر ریه	۱(۱/۵٪)
مسمومیت	۱(۱/۵٪)
جمع	۶۷(۱۰۰٪)

۲۵/۴٪ زن (۱۷ نفر) بودند. هیچ عارضه‌ای حین گرفتن نمونه‌های خون در هر دو روش مشاهده نشد. بین اندکس‌های خون نرمه گوش با خون سرخرگ رادیال در فشار دی‌اکسید کربن، درجه اسیدی یا بازی، ازدیاد باز و بی‌کربنات ارتباط معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲ و ۳). میانگین فشار اکسیژن و دی‌اکسید کربن خون شریانی به ترتیب ۱۴۶/۵-۵۱/۱ (۸۴/۷۷) و ۴۸/۶-۲۲/۶ (۳۵/۰۸) بود. ارتباط خطی بین فشار سهمی گاز کربنیک یا اکسیژن در نمونه خون شریانی با نرمه گوش در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. ضریب همبستگی این ارتباط به ترتیب حدود ۰/۷۳۴ ($p < 0/0001$) و ۰/۷۷۴ ($p < 0/0001$) بود. علی‌رغم ارتباط معنی‌دار بین این دو



شکل شماره ۱:

ارتباط بین گازهای خون شریان رادیال و نرمة گوش:
 الف) ارزش مقادیر فشار سهمی اکسیژن شریان رادیال در مقابل نرمة گوش
 ب) ارزش مقادیر فشار سهمی گاز کربنیک شریان رادیال در مقابل نرمة گوش

شکل ۲:

الف) تفاوت فشار نسبی اکسیژن خون شریانی با نرمة گوش (شریانی شده)
 ب) تفاوت فشار پارشیال گاز کربنیک خون شریانی با نرمة گوش (شریانی شده)

جدول شماره ۲: ارتباط نمونه خون شریانی با خون نرمة گوش از نظر اندکس های خونی

فشار سهمی اکسیژن		بی کربنات		ازدیاد باز		فشار سهمی گاز کربنیک		درجه اسیدی و بازی	
شریانی	نرمة گوش	شریانی	نرمة گوش	شریانی	نرمة گوش	شریانی	نرمة گوش	شریانی	نرمة گوش
۰/۷۳۴	۱	۰/۸۷۴	۱	۰/۸۹۴	۱	۰/۷۷۴	۱	۰/۷۹۱	۱
۱	۰/۷۳۴	۱	۰/۸۷۴	۱	۰/۸۹۴	۱	۰/۷۷۴	۱	۰/۷۹۱
	($p < 0/001$)		($p < 0/001$)		($p < 0/001$)		($p < 0/001$)		($p < 0/001$)

جدول شماره ۳: رگرسیون گازهای خون شریانی از طریق نمونه‌گیری از خون نرمه گوش

نرمه گوش				
شریانی	ثابت خطای استاندارد	ثابت همبستگی	مجذور همبستگی	خطای استاندارد محاسبه شده
درجه اسیدی و بازی	۱/۸۱(۰/۵۳۷)	۰/۷۵۷(۰/۰۷۳)	۰/۶۲۶	۰/۰۲۹
فشار سهمی گاز کربنیک	۱۱/۴۳۸(۲/۴۸۳)	۰/۷۰۳(۰/۰۷۱)	۰/۵۹۹	۵/۲۷۱
فشار سهمی اکسیژن	۱۰/۵۲۲(۹/۸۷۷)	۱/۰۹۳(۰/۱۲۸)	۰/۵۳۸	۱۶/۱۹۹
ازدیاد باز	۱/۱۳۶(۰/۳۱۷)	۰/۹۵۲(۰/۰۵۱)	۰/۸۰۰	۲/۱۸۳
بیکربنات	۱/۴۰۶(۱/۴۳۸)	۰/۹۹۸(۰/۰۶۹)	۰/۷۶۴	۲/۶۴۴

جدول شماره ۴: محدوده قابل قبول تفاوت در فشار سهمی گاز کربنیک، فشار سهمی اکسیژن، بین نمونه خون شریانی و نرمه گوش

میانگین ± انحراف معیار	اختلاف فشار نسبی گاز کربنیک خون شریانی با نرمه گوش (میلی متر جیوه)	اختلاف فشار نسبی اکسیژن خون شریانی با نرمه گوش (میلی متر جیوه)
محدوده	۷/۷ ± ۱۶/۴	۱/۴۵ ± ۵/۸۸
۹۵٪ ضریب اطمینان:	۰/۳ - ۴۷/۴	-۲۶/۵ - ۲/۴
(۱) میانگین + ۲ انحراف معیار	۲۸/۳۵ - ۵۱/۶۱	۱۰/۳۳ - ۱۶/۰۹
(۲) میانگین - ۲ انحراف معیار	(-۱۲/۵۹) - (-۳۶/۲۱)	(-۷/۴۳) - (-۱۳/۱۹)

بحث

شریانی مکرراً در واحدهای مراقبت‌های ویژه به کار می‌رود. این روش تهاجمی باعث هماتوم موضعی در مکان سوراخ کردن شریان و ایجاد درد می‌شود. نمونه‌گیری از نرمه گوش نسبت به شریان راحت‌تر بوده و با عوارض کمتری همراه است.^(۱۴-۱۰) مطالعات انجام شده در زمینه ارتباط بین گازهای خون شریانی با مویرگی یا وریدی درکتواسیدوز دیابتی، و گازهای خون شریانی با مویرگی در واحد مراقبت‌های ویژه اطفال نشان داد ارتباط مناسبی بین آنها وجود دارد.^(۱۰ و ۱۱ و ۱۵) اما ارتباط بین فشار سهمی اکسیژن خون نرمه گوش با خون شریانی کمتر

ما در مطالعه نمونه خون شریانی و نرمه گوش ۶۷ بیمار به‌طور همزمان در واحد مراقبت‌های ویژه که فشار خون و دمای بدن نرمالی داشتند، نشان دادیم ارتباط معنی‌داری بین اندکس‌های خون شریانی با خون نرمه گوش وجود دارد و می‌توان از اندکس‌های خون نرمه گوش برای پیش‌بینی اندکس‌های خون شریانی استفاده کرد. در مطالعه حاضر مشخص شد ارتباط بین فشار سهمی اکسیژن خون نرمه گوش با خون شریانی نسبت به بقیه اندکس‌ها کمتر است، به‌طوری‌که در ارزیابی وضعیت اسید-باز بیماران نمی‌توان بدان اعتماد کرد. آنالیز گازهای خون

بیان می‌کند که حتی توسط پرستاران نیز قابل اجرا است.^(۱۹) خلاصه اینکه مطالعه ما نشان داد، ارتباط بسیار قوی بین اندکس‌های خون نرمه گوش با سرخرگ رادیال در افراد نرموتانسیو و نرموترمیک بستری در بخش مراقبت‌های ویژه و تحت تنفس مکانیکی وجود دارد و می‌توان به جای استفاده از سرخرگ رادیال با دخالت ضرایب خاص آنالیز گازهای خون مویرگی نرمه گوش را به جای خون سرخرگ رادیال به کار برد. به علاوه اندازه گیری گازهای خونی نرمه گوش را می‌توان به طور آلترناتیو به جای آنالیز گازهای خون شریانی برای بیمارانی به کار برد که نیازی به بررسی منظم و مداوم فشار خون و پایش نزدیک فشار سهمی گاز کربنیک ندارند. ما استفاده از خون شریانی شده نرمه گوش را برای ارزیابی فشار سهمی اکسیژن خون شریانی توصیه نمی‌کنیم زیرا فشار سهمی اکسیژن را کمتر نشان می‌دهد. مطالعات بیشتر با تعداد نمونه زیادتر برای استفاده از آنالیز گازهای خون مویرگی برای بررسی خون شریانی لازم است.

نتیجه‌گیری

اگر نتوان نمونه خون از شریان رادیال گرفت، موقعی می‌توان از نمونه خون شریانی شده نرمه گوش به جای شریان رادیال استفاده کرد که فشار سهمی اکسیژن خون نرمه گوش در زیر محدوده نرمال باشد.

اختصارات:

ABG = arterial blood gas
 VBG = venous blood gas
 CBG = capillary blood gas
 BE = base excess
 PETCO₂ = end tidal CO₂ pressure
 PCO₂ = CO₂ pressure
 PO₂ = O₂ pressure

معنی دار بود. استاتی^۱ و همکارانش در مقایسه‌ای بین اندکس‌های گاز خون نرمه گوش با خون سرخرگی در ۱۱۵ بیمار بالغ نشان دادند فشار سهمی اکسیژن خون نرمه گوش نمی‌تواند به طور دقیق و قابل اعتمادی فشار اکسیژن خون شریانی را پیش‌بینی کند.^(۶) علت اصلی ارزش کمتر فشار سهمی اکسیژن خون نرمه گوش نسبت به خون سرخرگی ناشی از ناکافی بودن حجم خون شریانی و افزایش خون مخلوط وریدی در نمونه به دست آمده از نرمه گوش است. تأثیر خون مخلوط وریدی در نمونه خون به دست آمده از نرمه گوش وابسته به تفاوت زیاد بین فشار سهمی اکسیژن خون شریانی و وریدی نرمه گوش است که به اختلاف شدید بین فشار سهمی اکسیژن خون شریانی و نرمه گوش منجر می‌شود.^(۱۶-۱۸) مطالعه ما از این توجیه تبعیت می‌کند. به علاوه شکل ۲ نشان می‌دهد که فشار سهمی اکسیژن خون شریانی با وجودی که در محدوده نرمالی است ولی غالباً به صورت واضح محاسبه آن از طریق نرمه گوش نسبت به خون شریانی مقادیر کمتری را نشان می‌دهد.

مطالعه پیتکین^۲ و همکارانش^(۶) نشان داد با افزایش میانگین فشار سهمی اکسیژن، تفاوت بین فشار سهمی اکسیژن خون شریانی و نرمه گوش افزایش می‌یابد که این یافته‌ای در تائید مطالعه ما است. مطالعه ما و مطالعه پیتکین همچنین نشان دادند که در فشار سهمی اکسیژن شریانی کمتر از ۶۰ به دلیل اثر کمتر روی فشار سهمی اکسیژن مخلوط وریدی این تفاوت کمتر بارز می‌گردد و می‌توان فشار سهمی اکسیژن نرمه گوش را به جای خون شریانی با درجه اطمینان بالاتری به کار برد. به علاوه در مطالعه پیتکین ارتباط بین فشار سهمی گاز کربنیک نرمه گوش با خون شریانی بسیار خوب و معنی دار بود.^(۶) استفاده از هر روش براساس فواید و مضرات آنها است. فواید روش استفاده از نرمه گوش راحتی و مناسب بودن این روش را

1. Stauty
2. Pitkin

REFERENCES

1. **Rees S.E, M. Toftegaard M, Andreassen S.** A method for calculation of arterial acid-base and blood gas status from measurements in the peripheral venous blood. *Comput Methods Programs Biomed.* 2006 Jan; 81 (1): 18-25. Epub 2005 Nov 21.
2. **Barker WJ.** Arterial puncture and cannulation. In: Roberts JR, Hedges JR, eds. *Clinical procedures in emergency medicine*, 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1998: 308-22.
3. **A - M Kelly, R McAlpine and E Kyle.** Venous pH can safely replace arterial pH in the initial evaluation of patients in the emergency department. *Emerg Med J* 2001; 18: 340-342.
4. **Langlands JHM, Wallace WFM.** Small blood samples from earlobe puncture: a substitute for arterial puncture. *Lancet* 1965; ii: 315-317.
5. **Fajaz I, Texereau J, Rivoal V, Dessanges JF, Dinh-Xuan AT, Dall'A va-Santucci J.** Blood gas measurement during exercise: a comparative study between arterialized earlobe sampling and direct arterial puncture in adults. *Dur Respir J.* 1998 Mar; 11 (3): 712-5.
6. **Pitkin AD, Roberts CM, Wedzicha JA.** Arterialized earlobe blood gas analysis, and undersed technique. *Thorax.* 1994 Apr; 49 (4): 364-6.
7. **Christoforides C, Miller JM.** Clinical use and limitations of arterialized capillary blood for PO₂ determination. *Am Rev Respir Dis* 1968; 98: 653-657.
8. **Spiro SG, Dowdeswell IRG.** Arterialized earlobe blood samples for blood gas tension. *Br J Dis Chest* 1976; 70: 263-268.
9. **Escalante - Kanashiro R, Tantalean - DA - Fieno J.** Capillary blood gases in a pediatric intensive care unit. *Crit Care Med* 2000; 28: 224-6.
10. **Yildizdas H, Yapicioglu HL, Yilmaz Y, Serdemir** Correlation of simultaneously obtained capillary, venous, and arterial blood gases of patients in a paediatric intensive care unit. *Arch. Dis. Child.* 89 (2) (2004) 176-180.
11. **Mcgillivray D, Ducharme FM, Charron Y, et al.** Clinical decision making based on venous versus capillary blood gas values in the well perfused child. *Ann Emerg Med* 1999; 31: 58-63.
12. **Adroque HJ, Rashad MN, Gorin AB, et al.** Assessing acid-base status in circulatory failure. Differences between arterial and venous blood. *N Engl J Med* 1989; 320: 1312-16.
13. **Koch G, Wendel H.** Comparison of pH, carbon dioxide tension, standard bicarbonate and oxygen tension in capillary blood and in arterial blood during the neonatal period. *Acta Pediatr Scand* 1967; 56: 10-16.
14. **Cousineau J, Anctil S, Carceller A, Gonthier M, Delvin E.** Neonate capillary blood gas reference values. *Clin Biochem.* 2005 Oct; 38 (10): 905-7.
15. **Harrison AM, Lynch JM, Dean JM, et al.** Coparison of simultaneously obtained arterial band capillary blood gases in pediatric intensive care unit patients. *Crit Care Med* 1997; 25: 1904-8.
16. **Godfrey S, Wozniak ER, Courenay Evans RJ, Samuels CS.** Earlobe blood samples for blood gas analysis at test and during exercise. *Brit J Dis Chest* 1971; 65: 58-64.
17. **Gaultier C, Koch G, Helms P.** Measurement of blood gases. *Eur Respir J* 1989; 2 (Suppl. 4): 160s-163s.
18. **Hofford JM, Dowling AS.** Value of capillary blood gas analysis in the management of acute respiratory distress (Letter). *Am Rev Respir Dis* 1976; 113: 707-708.
19. **Dar K, Williams T, Aitken R, Woods KL, Fletcher S.** Arterial versus capillary sampling for analysing blood gas pressures. *BMJ* 1995; 309: 24-25.