

Printed from acutecaretesting.org

Abril 2017

Pruebas de gases en sangre y mediciones relacionadas: recomendaciones nacionales en nombre de la Sociedad Croata de Bioquímica Médica y Medicina de Laboratorio

por Lora Dukic, Lara Milevoj Kopcinovic, Adrijana Dorotic, Ivana Baršić

Reimpreso con permiso de Biochemia Medica. La revista de la Sociedad Croata de Bioquímica Médica y Medicina de Laboratorio. Biochemia Medica 2016; 26 (3): 318-36

El análisis de gases en sangre (BGA) está expuesto a riesgos de errores causados por muestreo, transporte y condiciones de almacenamiento inadecuados. El

Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI) generó documentos con recomendaciones para evitar posibles errores causados por el mal manejo de la muestra.

Dos documentos principales relacionados con BGA emitidos por el CLSI son los Procedimientos GP43-A4 (anteriormente H11-A4) para la recolección de muestras de sangre arterial; norma aprobada - cuarta edición, y análisis de pH y gas sanguíneo C46-A2 y mediciones relacionadas; Pautas aprobadas - Segunda edición.

Las prácticas relacionadas con el procesamiento de muestras de gases en sangre no están estandarizadas en la República de Croacia. Cada institución tiene su propio protocolo para ordenar, recolectar y analizar los gases de la sangre. Aunque muchos laboratorios utilizan analizadores de última generación, todavía hay muchos procedimientos preanalíticos que permanecen sin cambios. El objetivo de la Sociedad Croata de Bioquímica Médica y Medicina de Laboratorio (CSMBLM) es estandarizar los procedimientos para BGA en base a las recomendaciones de CLSI.

El Grupo de Trabajo para Pruebas de Gas en Sangre como parte del Comité para el Desarrollo Científico Profesional del CSMBLM preparó un conjunto de protocolos recomendados para el muestreo, transporte, almacenamiento y procesamiento de muestras de gas en sangre basándose en los documentos relevantes del CLSI, la búsqueda de bibliografía relevante y resultados del estudio de <https://acutecaretesting.org/en/articles/blood-gas-testing-and-related-measurements-national-recommendations-on-behalf-of-the-croatian>

la encuesta croata sobre prácticas y políticas en pruebas ácido-base. Las recomendaciones están dirigidas a profesionales de laboratorio y a todos los trabajadores de la salud involucrados en el procesamiento de gases en sangre.

Introducción

El término "análisis de gases en sangre" (BGA) se usa para pruebas de laboratorio que se relacionan con el equilibrio ácido-base y el estado de oxigenación de un paciente. El estado de la oxigenación se evalúa utilizando la presión parcial de O_2 (pO_2) y la saturación de oxígeno con hemoglobina (sO_2). La presión parcial de O_2 (pO_2) se mide por amperometría, mientras que sO_2 se mide por cooximetría. Los analizadores de gases en sangre que no tienen cooxímetro integrado, reportan el O_2 estimado a partir de pO_2 y otros parámetros.

La potenciometría se utiliza para medir el pH y la presión parcial de CO_2 (pCO_2). A partir de los valores medidos se calculan otros parámetros informados, como el CO_2 total (tCO_2), la concentración de bicarbonato ($cHCO_3^-$) y el exceso de base (BE). Los analizadores actuales miden no solo los parámetros de gases en sangre, sino también los electrolitos (sodio, potasio, cloruro, calcio ionizado, magnesio ionizado) y los metabolitos (glucosa, lactato, bilirrubina, creatinina).

Estos analitos adicionales se denominan generalmente como "mediciones relacionadas" (1). De acuerdo con el documento emitido por la Cámara Croata de Bioquímicos Médicos (CCMB), BGA se clasifica como análisis de primera prioridad que debe informarse dentro de los 30 minutos (2). Los departamentos de cuidados intensivos y de emergencia utilizan BGA como parte indispensable de la evaluación del estado clínico del paciente (3).

El ambiente estresante y agitado a menudo multiplica la probabilidad de errores, lo que podría resultar en resultados adversos para el paciente (4). El Grupo de Trabajo para Pruebas de Gas en Sangre (WG BGT) de la Sociedad Croata de Bioquímica Médica y Medicina de Laboratorio (CSMBLM) creó un incentivo para la preparación de recomendaciones en este campo de diagnóstico de laboratorio.

La encuesta sobre políticas y prácticas de BGA en Croacia facilitó la identificación de problemas cruciales (5). Los resultados de la encuesta mostraron una gran heterogeneidad en los procedimientos relacionados con BGA en los laboratorios croatas.

La estandarización de los pedidos, la recolección y el análisis son necesarios para lograr un mayor nivel de diagnóstico de laboratorio de los gases en sangre y las mediciones relacionadas. Sobre la base de estos puntos cruciales y las directrices globales actuales, los miembros del WG BGT realizaron un esfuerzo conjunto para establecer recomendaciones para las pruebas de gases en sangre, que cubren la fase preanalítica de las pruebas de gases en sangre, el procedimiento de muestreo, el BGA y el control de calidad.

Debido al amplio uso de los instrumentos de prueba de punto de atención (POCT) para las pruebas de gases en sangre, se requiere una atención especial a los protocolos relacionados con su uso por personal no de laboratorio. El Grupo de Trabajo POCT de CSMBLM preparará las recomendaciones nacionales para esa parte de los diagnósticos de laboratorio.

Las recomendaciones nacionales para BGT en nombre de CSMBLM están destinadas a profesionales de laboratorio y personal no de laboratorio involucrado en BGT.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

1. Tipos de muestras utilizadas para el análisis de gases en sangre
2. Responsabilidades en las pruebas de gases en sangre
3. Procedimiento para el muestreo de gases en sangre
4. Análisis de muestras de gases en sangre.

Las recomendaciones específicas del Grupo de Trabajo están etiquetadas por las casillas. Cada recomendación es seguida por datos relevantes de la literatura.

1. Tipos de muestra utilizados para BGA

Se pueden utilizar diferentes tipos de muestras para la medición de gases en sangre: sangre arterial, sangre venosa capilar "mezclada" y "arterializada" (1). El médico debe considerar la condición del paciente, las ventajas y limitaciones de los distintos tipos de muestras al momento de elegir el tipo de muestra y el lugar de recolección más adecuados (6).

1.1 Sangre arterial

La sangre arterial es el tipo de muestra requerido para la correcta evaluación de intercambio de gases, la función de los pulmones (pO_2 y pCO_2), la oxigenación específicamente de estado. La composición de la sangre arterial es uniforme y no depende de los cambios en la circulación sistémica o local. La sangre arterial es el tipo de muestra preferido para la evaluación del estado respiratorio, además de ser adecuado para los trastornos metabólicos ácido-base.

La recolección de muestras puede realizarse utilizando jeringas para muestras de sangre arterial diseñadas específicamente o por medio de una línea arterial (1). Los sitios usuales de punción arterial son la arteria radial, braquial o femoral (Figura 1.) (6,7). El sitio de punción debe ser aséptico (7).

Los criterios para la selección del sitio de punción son los siguientes: presencia de flujo sanguíneo colateral adecuado, tamaño y accesibilidad de la arteria (7).

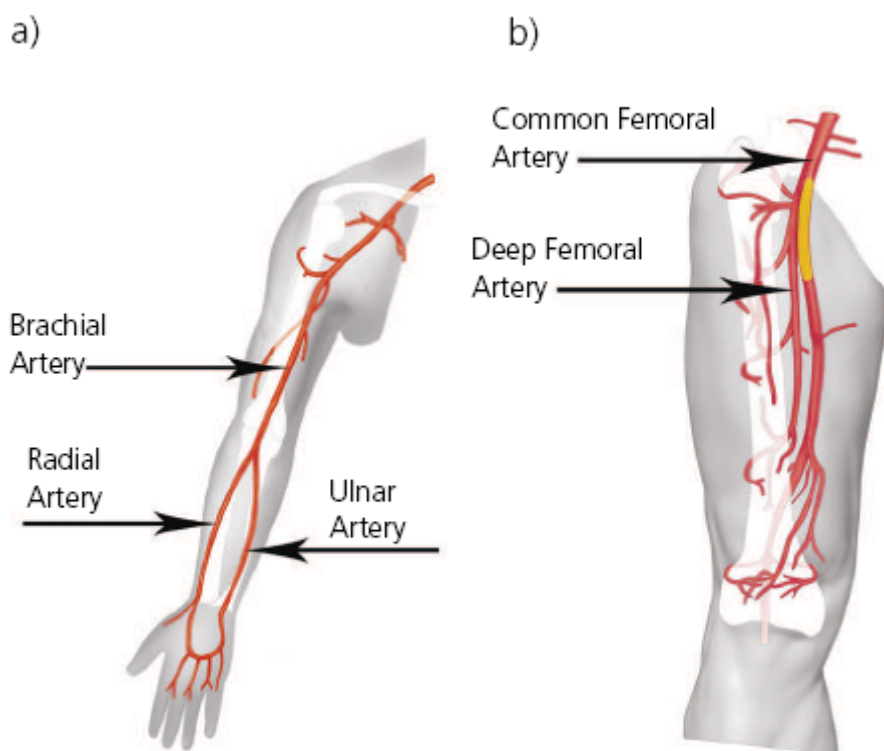


Figura 1. Arterias principales.

(a) brazo: las arterias radial y braquial son sitios de punción, mientras que la arteria cubital proporciona circulación colateral a la mano.

(b) ingle - arteria femoral es el sitio de la punción (la figura muestra las partes anatómicamente subdivididas de la arteria femoral - arteria femoral común y profunda).

1.1.1 Arteria

radial La arteria radial es el sitio más comúnmente utilizado para la punción arterial. Es fácilmente accesible en el lado del pulgar de la muñeca, pero debido a su pequeño tamaño, el uso de esta arteria requiere una amplia experiencia en el muestreo de sangre arterial (7,8). La circulación colateral a la mano normalmente es proporcionada por la arteria cubital, que puede estar ausente en algunos individuos.

1.1.2 Arteria

braquial La arteria braquial se puede preferir para volúmenes más grandes de sangre arterial. Es más difícil de perforar debido a la ubicación más profunda entre los músculos y los tejidos conectivos. No es de fácil acceso en pacientes obesos y no se usa comúnmente en niños y bebés (7).

1.1.3 Arteria femoral

La arteria femoral es un vaso grande que se palpa y pincha fácilmente, pero rara vez se usa en la práctica clínica debido a la mala circulación colateral y al aumento de la posibilidad de infección y hematoma (7). Las imágenes de tomografía computarizada (TC) revelaron una alta frecuencia de hematoma pequeño (47,4%) alrededor de la arteria femoral después de la toma de muestras de sangre arterial (9).

La recogida de sangre arterial tiene sus desventajas. Es más difícil de obtener que una muestra de sangre venosa o capilar, es más doloroso para el paciente y puede ser potencialmente peligroso si no se sigue el procedimiento correcto (1).

Los riesgos relacionados con la extracción de sangre arterial incluyen el dolor percibido por el paciente y las infecciones graves debido a una maniobra altamente invasiva. Además, una hemostasia que no se realiza perfectamente podría ser una fuente de daño, hematomas y hemorragia. Las complicaciones habituales del procedimiento son las siguientes: arteriospasma, hematoma, daño a los nervios, desmayos y caída de la presión arterial (10).

1.2 Muestra capilar “arterializada”.

Una muestra de sangre capilar puede considerarse un sustituto adecuado de la sangre arterial en unidades neonatales y pediátricas. Una muestra de sangre capilar puede reemplazar una muestra arterial solo cuando se usa una técnica de arterialización, aunque la medición de pO_2 completamente confiable se puede lograr solo cuando se usa una muestra de sangre arterial. La punción cutánea también es aplicable a pacientes adultos con quemaduras graves, tendencias a la trombosis, pacientes obesos y pacientes geriátricos.

Según el estudio de la encuesta sobre prácticas y políticas en pruebas de ácido-base en laboratorios croatas, una muestra capilar es un tipo de muestra utilizada en la mayoría de las instituciones en Croacia. Los resultados de la encuesta mostraron que 19 de los 41 participantes (o 0,46) tienen una muestra capilar tomada para BGA en una población de pacientes adultos.

La misma encuesta mostró que solo 7 laboratorios de los 33 (o 0.21) analizan exclusivamente muestras arteriales para BGA. La evitación de la recolección de muestras arteriales puede atribuirse a factores económicos y a la dificultad de la recolección. Muchos médicos están acostumbrados a pedir BGA capilar como parte del seguimiento regular del paciente junto con pruebas de bioquímica y hematología (5).

La extracción de sangre capilar es un procedimiento simple y relativamente indoloro que se puede realizar después de un entrenamiento mínimo del personal médico, pero tiene sus desventajas. Zavorsky et al. Se compararon los resultados de laboratorio de BGA realizados en muestras de sangre arterial y capilar. Los resultados mostraron que la sangre capilar arterializada es una alternativa adecuada para la medición de pH y $p\text{CO}_2$ en un amplio rango de valores, pero no es adecuada para $p\text{O}_2$ (11).

La sangre arterial $p\text{O}_2$ es fisiológicamente más alta que la $p\text{O}_2$ capilar arterializada debido al consumo de oxígeno en el lecho capilar de la piel. La posibilidad de muestra capilar arterializada predecir con exactitud arterial $p\text{O}_2$ se mejora cuando la arterial $p\text{O}_2$ es baja porque la diferencia arteriovenosa se reduce en hipoxia (11).

Existen algunas circunstancias en las que la sangre arterial no se puede extraer directamente y la muestra de sangre capilar puede considerarse un sustituto adecuado de la sangre arterial (1,8,12). En unidades neonatales y pediátricas, la muestra de sangre capilar es un tipo de muestra deseable porque los bebés y los niños pequeños tienen un volumen total pequeño de sangre y la extracción frecuente de sangre puede provocar anemia (8,12-14).

La punción cutánea también es aplicable en pacientes adultos con quemaduras graves, tendencias a la trombosis, pacientes obesos y pacientes geriátricos (8,12). Una muestra de sangre capilar puede reemplazar la muestra arterial (pero no para $p\text{O}_2$) solo cuando se usa una técnica de arterialización (1). Una muestra capilar calentada se aproxima a una muestra arterial (1,7) porque la porción de sangre arterial en la muestra capilar se puede aumentar hasta siete veces utilizando una técnica de arterialización (12).

Esta técnica consiste en el uso de una toalla tibia y húmeda a una temperatura no superior a 42 ° C en un sitio de punción que no exceda de tres a cinco minutos (12) o el uso de otro agente vasodilatador (6).

1.2.1 sitio de punción

El sitio de punción recomendado para el muestreo capilar es la punta del dedo o el talón, dependiendo de la edad del paciente (12). La superficie plantar lateral o medial del talón es el sitio de punción para la población neonatal, mientras que la punta del dedo se recomienda para la población pediátrica (1,12). Estudios recientes muestran que el muestreo del lóbulo de la oreja tiene ventaja sobre el muestreo capilar con la punta del dedo cuando se considera el muestreo capilar de gases en sangre para un paciente adulto.

El documento CLSI en una muestra capilar GP42-A6 recomienda que se realice un muestreo capilar mediante la punción de la piel con un dedo o talón, según la edad del paciente. En los recién nacidos, la recomendación es realizar punciones en la superficie plantar lateral o medial del talón. En la población pediátrica, el sitio recomendado para la recolección de muestras capilares es la yema del dedo (1,12).

El lóbulo de la oreja como sitio de punción se utiliza en estudios de investigación o en investigación en masa y en pacientes adultos. Las directrices de la Organización Mundial de la Salud y CLSI sobre el muestreo de sangre capilar establecen que los lóbulos de la oreja no son adecuados para el muestreo de sangre en la población neonatal y pediátrica (8,12).

Algunos autores consideran que los resultados del muestreo del lóbulo de la oreja son más confiables que los resultados obtenidos mediante el muestreo con la punta de los dedos. Sin embargo, la sangre lóbulo de la oreja arterializada pO_2 no es tan fiable como arterial pO_2 (11,15,16).

1.2.2 Medidas de precaución para el muestreo de gases capilares en sangre.

Existen múltiples riesgos de errores preanalíticos cuando se recolecta sangre capilar: intercambio de gases con aire (1); presión fuerte y repetitiva en el lugar de la punción: se debe evitar el "ordeño", ya que puede causar hemólisis y contaminación de la muestra con líquido tisular, lo que finalmente resulta en niveles elevados de potasio y dilución de la sangre, lo que provoca valores más bajos para otros electrolitos (1,17).

Finalmente, es necesario mezclar bien la sangre para evitar la coagulación (12). Es importante conocer estas limitaciones de una muestra capilar al seleccionar un sitio de recolección de gases en sangre.

1.3 Muestra de sangre venosa.

La sangre venosa no es un sustituto adecuado de la sangre arterial en BGA debido a la naturaleza de la muestra y la diferencia en los niveles de oxigenación en comparación con la sangre arterial. Es adecuado para la evaluación de diferentes variantes de hemoglobina, electrolitos, pH, pCO_2 , HCO_3 y metabolitos (1).

1.4 Sangre venosa "mixta"

La muestra de sangre venosa "mixta" se obtiene de la arteria pulmonar por medio de un catéter de arteria pulmonar y se utiliza para evaluar la captación de oxígeno y el gasto cardíaco (1).

2. Responsabilidades en las pruebas de gases en sangre.

Las muestras de sangre arterial solo deben ser realizadas por trabajadores de la salud dentro del alcance legal descrito de la práctica para su posición en su país y que hayan demostrado competencia después de la capacitación formal (8).

Según el catálogo de Capacitación y habilidades para el estudio médico, los médicos (MD) en Croacia deben poder realizar una muestra de sangre arterial de forma independiente después de la graduación. Esta habilidad se mejora aún más durante los estudios de posgrado y la especialización (18). El licenciado en enfermería está capacitado en el muestreo de sangre arterial ordenado por el MD (19).

Una enfermera tiene conocimientos teóricos y prácticos en el muestreo de otras muestras que se utilizan en el análisis del estado ácido-base: muestras de sangre capilar y venosa (20).

Según el documento publicado por el CCMB en 2013 "Competencias para la expedición de la licencia de maestría en ciencias en bioquímica médica y especialistas en bioquímica médica y medicina de laboratorio", maestría en ciencias en bioquímica médica después de completar el curso de cinco

4/4/2019 Pruebas de gases en sangre y mediciones relacionadas: recomendaciones nacionales en nombre de la Sociedad Croata de Bioquím... años, pasantía de un año. y aprobar el examen de licencia estatal, tiene los conocimientos teóricos y prácticos de la toma de muestras de sangre capilar, la realización de BGA y la interpretación de los resultados de equilibrio ácido-base.

Los especialistas en bioquímica médica y medicina de laboratorio tienen calificaciones adicionales relacionadas con la implementación de nuevas técnicas para el muestreo y análisis de gases en sangre, el establecimiento de programas de control de calidad y deberían haber realizado al menos 1000 análisis del estado ácido-base (21).

Desempeñan un papel clave en la educación del personal responsable del muestreo, que también está regulado por la ley en el Reglamento sobre la práctica de bioquímica médica junto a la cama del paciente (22).

La Tabla 1 muestra la lista de trabajadores de la salud en Croacia autorizados para llevar a cabo procedimientos específicos relacionados con BGA. Sobre la base de declaraciones anteriores, podemos concluir que el muestreo y el análisis de las muestras de gases en sangre son procesos interdisciplinarios complejos que incluyen un amplio espectro de expertos médicos, como se observó en la encuesta realizada durante el 2013 por el WG BGT (5).

3. Procedimiento para el muestreo de gases en sangre.

3.1 Preparación para el muestreo.

La preparación para el muestreo incluye la identificación del paciente, un formulario de solicitud de patología para BGA, evaluación del paciente, explicación del procedimiento de recolección de muestras para el paciente y regulaciones relacionadas con el etiquetado de las muestras de gases en sangre.

Procedimiento	Trabajador de la salud
Toma de muestras de sangre arterial	Doctor de medicina Licenciatura en Enfermería
Muestreo de sangre capilar	Licenciatura en Enfermería Maestría en ciencias en bioquímica médica Técnico de laboratorio
Análisis de muestras de gases en sangre.	Maestría en ciencias en bioquímica médica Técnico de laboratorio Licenciatura en enfermería (después de la educación es realizada por personal de laboratorio)

Control de calidad	Maestría en ciencias en bioquímica médica Técnico de laboratorio Licenciatura en enfermería (después de la educación es realizada por personal de laboratorio)
Interpretación de resultados	Maestría en ciencias en bioquímica médica Doctor de medicina
Implementación de equipos de gasometría.	Especialista en bioquímica médica y medicina de laboratorio.
Educación personal	Especialista en bioquímica médica y medicina de laboratorio.

Tabla 1. Lista de trabajadores de la salud en Croacia autorizados para llevar a cabo procedimientos específicos relacionados con el BGT según la legislación y las prácticas disponibles observadas en los laboratorios croatas (5,18-22).

3.1.1 Identificación del paciente

3.1.1.1 Procedimiento para la identificación del paciente consciente.

El personal responsable del procedimiento de muestreo debe solicitar al paciente que indique su nombre y apellido y la fecha de nacimiento, y luego comparar los detalles con los detalles escritos en el formulario de solicitud de prueba. Las discrepancias deben resolverse antes del procedimiento de muestreo con la persona responsable en el área. El uso de al menos dos identificadores es necesario para la seguridad del paciente.

Se requiere una identificación positiva del paciente según lo establecido por el procedimiento recomendado por el Grupo de trabajo para el análisis previo de CSMBLM (23), que necesita al menos dos identificadores (por ejemplo, nombre completo (nombre y apellido) y fecha de nacimiento) para la seguridad del paciente (24).

3.1.1.2 Procedimiento de identificación en el paciente que no puede dar datos personales

Si no es posible obtener datos personales directamente del paciente, se le debe pedir a la persona responsable del paciente (cuidador, familiar, enfermera) que identifique al paciente y proporcione los detalles necesarios. El nombre del verificador también debe estar documentado.

3.1.1.3. Procedimiento para la identificación de paciente de emergencia no identificado.

El número de identificación de identificación maestra (temporal) para el paciente de emergencia no identificado debe definirse de acuerdo con la política institucional. Cuando se asigna un número de identificación permanente al paciente, el número de identificación temporal debe ser referenciado al número permanente (25).

3.1.2 Formulario de solicitud de prueba para BGA

Los siguientes elementos deben indicarse en el formulario de solicitud de prueba: nombre y apellido del paciente, sexo, fecha de nacimiento, número de identificación personal o número de seguro de salud, fecha y hora y lugar de muestreo (hospitalización) (23,26). El formulario de solicitud de prueba debe contener el nombre de la persona responsable que solicitó BGA (27). La información de contacto de la persona responsable es necesaria para el informe de resultados críticos y la consulta en caso de sospechas de no conformidades.

Además de los elementos mencionados anteriormente, se necesita la siguiente información para la correcta interpretación de BGA:

- sitio de recolección y técnica de muestreo (p. Ej., Sangre arterial recolectada mediante punción arterial o catéter arterial)
- estado de ventilación del paciente
- modo de ventilación e información sobre el suministro de oxígeno
- frecuencia respiratoria, temperatura corporal, posición y actividad del paciente, incluidas observaciones especiales (p. Ej., Ansiedad)),
- nombre de la persona que recolecta la muestra,
- solicitud de mediciones relacionadas (electrolitos, metabolitos)
- diagnóstico de trabajo

3.1.3 Evaluación del paciente

Para una evaluación correcta de la condición del paciente, se debe registrar la temperatura corporal (6), la frecuencia respiratoria y la actividad, incluidas observaciones especiales (por ejemplo, ansiedad) (28).

Los cambios en la temperatura corporal tienen un impacto en los valores de los gases sanguíneos debido al cambio en el equilibrio químico, mientras que la actividad física y la ansiedad pueden causar un aumento en la frecuencia respiratoria (1,29).

3.1.3.1. Valoración de los cambios ventilatorios.

Se recomienda que el paciente permanezca en un estado relajado durante al menos cinco minutos antes del muestreo para establecer un estado estable (7). El muestreo y análisis de gases sanguíneos urgentes en entornos de cuidados críticos se realiza de inmediato para una evaluación rápida de las funciones vitales del paciente. En situaciones en las que se han hecho cambios de ventilación a los pacientes, se recomienda esperar entre 20 y 30 minutos para alcanzar el "estado estable" y obtener resultados fiables de gases en sangre.

3.1.4 Explicación del procedimiento de muestreo al paciente.

El paciente debe ser informado en detalle sobre el procedimiento de recolección de la muestra (30).

3.1.5 Etiquetado de muestras

Una muestra para BGA debe estar etiquetada con el nombre completo y el segundo identificador del paciente. La política institucional define el segundo identificador, que podría ser: fecha de nacimiento, número de seguro de salud o número de identificación. Una muestra capilar se debe etiquetar directamente con la etiqueta que contiene dos identificadores de paciente inmediatamente después del procedimiento de muestreo y antes de dejar al paciente (31).

La figura 2 muestra el código de barras de muestra capilar recomendado. La muestra arterial debe estar directamente etiquetada con la etiqueta que contiene dos identificadores de pacientes (32).

3.2 Procedimiento de toma de muestras de sangre arterial.

El personal de laboratorio es responsable de las instrucciones escritas apropiadas para la recolección de muestras según la norma ISO 15189 (27). La recolección de sangre arterial es realizada por médicos (18) y graduados de enfermería (19) en instituciones de salud en Croacia.

Para garantizar la calidad de la muestra arterial y la fiabilidad de los resultados, el personal de laboratorio debe informar al personal de la sala responsable de la extracción de sangre arterial de los procedimientos requeridos.



Figura 2. Etiquetado recomendado de muestra de gas en sangre capilar (fuente: Wennecke G, Dal Knudby M. Evitar errores preanalíticos - en pruebas de sangre capilar. Radiometer Medical Aps, Brønshøj, Dinamarca, 2009.)

La información y educación del personal clínico y de enfermería abarca los siguientes problemas:

- Dispositivo de muestra
- Anticoagulante
- Procedimiento de muestreo: punción arterial y recolección de una muestra del catéter arterial (expulsión de burbujas de aire; mezcla de muestras; lavado del catéter)
- Etiquetado y prueba de la muestra formulario de pedido
- Transporte
- Almacenamiento

3.2.1 dispositivo de muestra

El dispositivo de toma de muestras de sangre arterial, como se indica en el documento CLSI C46-A2, debe ser una jeringa de plástico, desechable y de llenado automático. Las jeringas de auto llenado se llenan espontáneamente con punciones arteriales. El recolector debe conocer el volumen mínimo necesario para una medición confiable de todos los parámetros solicitados (32,33). Se recomienda un volumen de sangre mínimo en la jeringa para asegurar que se obtengan resultados precisos y para causar una pérdida de sangre mínima para el paciente.

3.2.2 Anticoagulante

Se recomienda el uso de heparina de litio equilibrada y liofilizada para BGA y mediciones relacionadas en muestras de sangre arterial y capilar. Es aceptable usar anticoagulantes en spray y en forma seca. La heparina de sodio no se recomienda ya que causa valores de sodio falsamente altos.

Debe evitarse el uso de heparina líquida (terapéutica) debido al efecto de dilución en los gases sanguíneos y los parámetros relacionados y la capacidad de unir electrolitos, como el calcio.

Pueden producirse resultados erróneos debido a una concentración inadecuada de anticoagulantes y una mezcla insuficiente de anticoagulantes y muestras de sangre (33-35). Las diferentes preparaciones de heparina por parte de los fabricantes de jeringas pueden ser una fuente de variabilidad de los resultados de BGA (36).

3.2.3 Procedimiento de muestreo - muestra de gasometría arterial.

El examen de la circulación colateral es obligatorio cuando la muestra de sangre arterial se realiza desde la arteria radial. Después de la preparación aséptica del sitio de punción, se debe usar un dispositivo de recolección dedicado diseñado para la recolección arterial. Este procedimiento es necesario para evitar la contaminación accidental de la muestra arterial con sangre venosa.

Cuando la jeringa se haya llenado con sangre adecuada, retire la jeringa, coloque una esponja de gasa seca en el lugar de la punción y presione firmemente en el lugar de la punción durante 3-5 minutos. La sangre arterial debe recogerse en condiciones anaeróbicas para minimizar la exposición al aire (1).

Las burbujas de aire deben ser expulsados inmediatamente de la jeringa golpeando suavemente los lados de la jeringa que les permite ir a la parte superior de la jeringa para la expulsión con el fin de evitar una contaminación del aire y falsamente se modifican las pO_2 resultados (37).

Luego de la expulsión de burbujas de aire, se debe homogeneizar la muestra con el anticoagulante para evitar la formación de coágulos. Para una anticoagulación óptima, se recomienda rodar la jeringa entre las palmas y luego invertirla verticalmente (Figura 3).

Advertencia: la mezcla vigorosa puede causar cambios significativos en los gases sanguíneos y los valores de medición relacionados debido a la hemólisis (38,39).

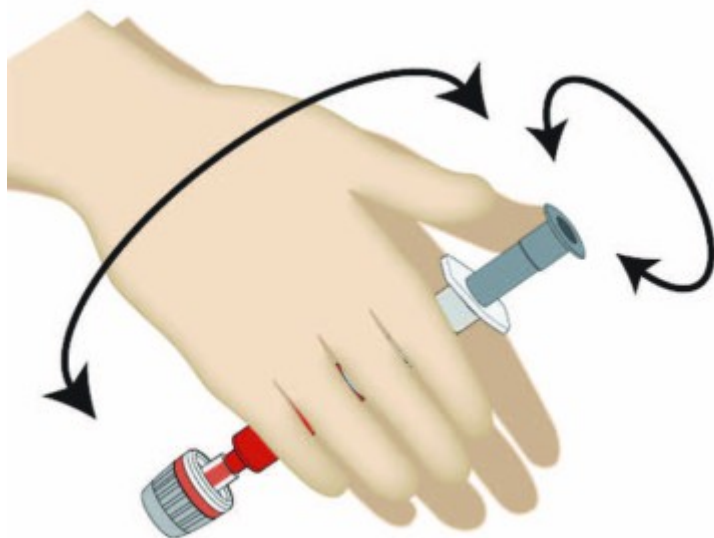


Figura 3. Mezcla de la muestra de sangre arterial (fuente: Wennecke G, Juel G. Evitar errores preanalíticos - en las pruebas de gases en sangre. Radiometer Medical Aps, Brønshøj, Dinamarca, 2008.)

3.2.4 Muestreo de catéter arterial.

Durante el muestreo de un catéter arterial, existe el riesgo de contaminación de la muestra con solución intravenosa, medicación o dilución de la muestra con solución de electrolito (p. Ej., NaCl) que puede estar en el catéter (1). Si el catéter no se enjuaga lo suficiente, el sodio y el cloruro se elevarán, mientras que todos los demás analitos serán falsamente inferiores (32).

Cuando se debe extraer una muestra arterial de un catéter arterial, el catéter debe ser lavado antes de la toma de muestras. El volumen de lavado recomendado es al menos 3 veces el volumen muerto del catéter. Se recomienda utilizar las especificaciones del fabricante para el volumen muerto requerido para el catéter.

3.2.5 Transporte

Las muestras para BGA deben analizarse lo antes posible. Las muestras arteriales tomadas en jeringas de plástico estándar recomendadas deben analizarse dentro de los 30 minutos. Se recomienda el transporte manual de muestras sin movimientos bruscos y vigorosos.

El riesgo de muestra hemolizada y contaminada con aire es mayor si la muestra se somete a agitación. No se recomienda el transporte de muestras en hielo porque las jeringas de plástico son más permeables a los gases a temperaturas más bajas y debido al alto riesgo de hemólisis.

Los tiempos exactos del muestreo y la entrega de la muestra al laboratorio central para el análisis deben registrarse. Si el tiempo entre el muestreo y la entrega al laboratorio excede el intervalo de estabilidad permitido (30 minutos), se debe registrar la no conformidad y se debe informar al personal de la sala sobre la necesidad de recordar.

3.2.6 Almacenamiento - muestras de gasometría arterial.

Debido al metabolismo celular en muestras de sangre total, los gases en sangre y los parámetros relacionados pueden cambiar de manera rápida y significativa, por lo que se recomienda un análisis inmediato sobre la recolección. Las muestras con alto recuento de leucocitos y plaquetas y las muestras destinadas a estudios especiales (por ejemplo, análisis de derivación) deben analizarse en 5 minutos.

BGA en 30 minutos proporciona resultados confiables, excepto en presencia de un recuento elevado de leucocitos o plaquetas (40). En ese caso, se debe usar una jeringa de vidrio (si está disponible) y sumergirla en una mezcla de hielo y agua (41) o en un recipiente de recolección y transporte inmediato para su análisis.

3.3 Procedimiento de toma de muestras de sangre capilar.

La recolección de muestras debe ser como se describe en las recomendaciones nacionales del CSMBLM para el muestreo de sangre capilar (42). El muestreo capilar destinado a BGA se recomienda para la población neonatal y pediátrica en primera instancia. El muestreo de gases capilares en sangre se recomienda para pacientes adultos solo en situaciones en las que no se puede realizar una punción de la sangre arterial (pacientes con quemaduras graves, tendencias a la trombosis, pacientes obesos y pacientes geriátricos).

Las recomendaciones generales con respecto a la ubicación de la punción cutánea son: (a) la punción debe realizarse en la superficie de la palma hacia arriba del segmento distal (yema del dedo) del dedo medio o anular, (b) se recomienda el dedo medio y el dedo anular. muestreo capilar, mientras que el pulgar y el índice son más sensibles y callosos, (c) la piel del dedo más pequeño es muy delgada, por lo que este dedo no se recomienda para el muestreo capilar. No se permite el muestreo capilar de los dedos en la población neonatal, sino desde el costado del talón.

3.3.1 Punción cutánea en la oreja

A pesar del hecho de que las pautas actuales de CLSI y de la OMS no dan prioridad a la punción de la piel del lóbulo de la oreja, la evidencia objetiva señala las ventajas de este sitio de punción en pacientes adultos en comparación con la yema del dedo en los casos en que no es posible realizar una muestra de sangre arterial. La muestra de sangre adecuada de un lóbulo de la oreja se parece más a la composición de la sangre arterial en comparación con la muestra de sangre de la punta de un dedo (11, 15, 16).

Cuando se selecciona el sitio de punción del lóbulo de la oreja, el procedimiento de muestreo de sangre capilar debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones nacionales para el muestreo de sangre capilar (42).

3.3.2 Arterialización del sitio de punción de la piel para el muestreo capilar

Se recomienda encarecidamente que la zona de punción esté arterializada antes del muestreo capilar (42). Este procedimiento dará resultados similares a la muestra ideal, muestra de gasometría arterial. Para lograr la arterialización, el sitio de la punción debe cubrirse con una toalla húmeda y caliente calentada a 42 ° C o menos durante 3-5 minutos antes de la punción. Este es el método de arterialización recomendado porque su aplicación no produce efectos adversos.

Se pueden usar cremas vasodilatadoras a base de capsaicina, nicotinato y salicilato o crema de nitroglicerina al 2%, pero se necesitan medidas de precaución debido a los posibles efectos adversos enumerados en el prospecto. La aplicación de la crema vasodilatadora se realiza extendiendo la crema en el lugar de la punción antes del muestreo. Después de la aplicación, la crema debe dejarse en el lugar de la punción hasta que se vuelva roja y cálida, lo que puede llevar de 5 a 20 minutos.

Una vez que se logre la arterialización adecuada, se debe limpiar el lugar de la punción con una gasa limpia y se puede realizar un muestreo de gas capilar en la sangre. Todos los pasos en el muestreo capilar se describen en las recomendaciones nacionales de CSMBLM para el muestreo capilar (42). Estos pasos incluyen:

- Desinfección del sitio de punción con una solución acuosa al 70% de isopropanol.
- Secado al aire del sitio de punción.
- Punción de la piel y limpieza de la primera gota.
- Recolección anaeróbica de la sangre del centro de la segunda gota de sangre formada espontáneamente.

Debe evitarse la aplicación de presión ("ordeño") en el lugar de la punción durante el muestreo. Las consecuencias del "ordeño" son la hemólisis y la contaminación de la muestra con líquido tisular. Cada laboratorio debe seguir las especificaciones de volumen mínimo definidas por el fabricante del analizador de gases en sangre y usar tubos capilares apropiados. La heparina de litio liofilizada y equilibrada es el anticoagulante recomendado. El spray y la forma seca de este anticoagulante son aceptables.

El llenado anaeróbico de la muestra de sangre es necesario para evitar cambios en los resultados causados por la contaminación atmosférica de la muestra. Cuando se completa el llenado capilar, se debe realizar un tapado inmediato para evitar la exposición de la muestra al aire. Es necesario mezclar bien con el anticoagulante para prevenir la coagulación.

Para ello se utilizan barras de mezcla metálicas e imán. Las recomendaciones nacionales en nombre de CSMBLM para el muestreo de sangre capilar aconsejan el extremo capilar que está en contacto directo con la sangre que se debe tapar primero, inserte una barra de mezcla de metal y luego tape el otro extremo del capilar. Un imán se debe mover de un extremo del capilar al otro cinco veces. De este modo, la muestra se homogeneiza con la barra de mezcla de metal y evita la formación de coágulos (42).

3.3.3 Transporte y almacenamiento de muestras de sangre capilar.

La recomendación general es analizar la muestra capilar inmediatamente. Las muestras recolectadas en tubos capilares deben analizarse en 10 minutos. Las muestras deben mantenerse a temperatura ambiente hasta su análisis. Si el almacenamiento es más prolongado, las muestras deben recogerse en tubos capilares de vidrio y almacenarse horizontalmente a 0–4 ° C (sumergidas en una mezcla de hielo y agua para evitar la hemólisis) durante un máximo de 30 minutos.

4. Análisis de muestras de gases en sangre.

4.1 Educación y formación del personal.

BGA debe ser realizado por personal de laboratorio capacitado. Los requisitos completos de capacitación deben documentarse en los procedimientos operativos estándar del laboratorio. La competencia de los empleados responsables de BGA debe evaluarse para los nuevos empleados y la competencia debe reevaluarse anualmente. Los registros de capacitación y competencia para todo el personal deben conservarse según los requisitos de buenas prácticas de laboratorio.

4.2 Confirmación de la identificación del paciente.

Se debe registrar el tiempo de entrega de la muestra de gas en sangre al laboratorio central. El tiempo entre el muestreo y el análisis no debe exceder los 30 minutos. Si excede el intervalo de tiempo recomendado, se debe informar al personal clínico y solicitar la recolección.

Antes del análisis, el empleado responsable del análisis de la muestra debe verificar que los detalles en la etiqueta de la muestra coincidan con los del formulario de solicitud de prueba para confirmar la identificación del paciente. Si la muestra debe sumergirse en una suspensión de hielo (mezcla de hielo y agua) hasta que se pueda realizar el análisis (es decir, si se anticipa un retraso de más de 30 minutos), la integridad de la etiqueta debe protegerse incluso durante la inmersión (7).

4.3 Preparación de la muestra antes del análisis.

La calidad de la muestra de sangre total debe inspeccionarse antes del análisis. Las muestras de gases en sangre que contienen burbujas de aire o coágulos visibles son inaceptables para el análisis. La mezcla adecuada de muestras de sangre completa es fundamental para obtener resultados precisos de hemoglobina. Las muestras capilares deben mezclarse utilizando una barra de metal y un imán. El imán debe moverse de extremo a extremo sobre el capilar hasta que los componentes de la sangre se distribuyan uniformemente (homogeneizados) o durante al menos 5 segundos.

Un extremo del capilar debe abrirse quitando cuidadosamente la tapa del sellador. La barra de metal debe retirarse colocando el imán lentamente sobre el capilar, teniendo cuidado de no derramar sangre o introducir aire en la muestra. Antes de introducir la muestra en el analizador, se debe abrir el extremo opuesto del capilar retirando la tapa de sellador restante y se debe permitir que la muestra fluya hacia el extremo para eliminar el aire atrapado.

El capilar debe presentarse a la boquilla del instrumento, al adaptador o a la punta del aspirador. El análisis debe iniciarse como se describe en las instrucciones específicas del instrumento. De acuerdo con las recomendaciones de CLSI (1), las muestras arteriales deben rotarse suavemente, ya sea manualmente o usando un dispositivo mecánico que rote la muestra a través de dos ejes, por un mínimo de un minuto inmediatamente antes del análisis.

Los controles de integridad de la muestra se deben realizar antes del análisis: en caso de presencia de burbujas de aire, coágulos, volumen de muestra insuficiente o cualquier otra no conformidad, el análisis no debe realizarse y se debe solicitar la recolección.

La sangre utilizada para la medición de gases en sangre y analitos relacionados debe mezclarse completamente inmediatamente antes del análisis para lograr una muestra homogénea antes de la inserción de la muestra en el instrumento. El proceso de mezcla no debe alterar la integridad de la muestra, causando hemólisis y, por lo tanto, afectar la calidad de los resultados (1,34).

Se aceptan intervalos de mezcla más cortos si solo han transcurrido uno o dos minutos (o menos) desde la recolección de la muestra arterial. Las muestras de jeringas almacenadas deben mezclarse invirtiendo la jeringa 10 veces y luego girándola horizontalmente entre las palmas durante 10 segundos. Una vez almacenadas, las muestras tienden a asentarse y pueden requerir un mayor tiempo de mezcla para asegurar la homogeneidad (43).

La disolución incompleta del anticoagulante en la jeringa debido a una mezcla inadecuada inmediatamente después de la recolección puede provocar la formación de coágulos de sangre. La presencia de coágulos en la muestra hace que no sea homogénea y puede afectar la precisión del análisis. Además, los coágulos pueden bloquear la vía del analizador de gases en sangre y dar resultados confusos o hacer que el analizador no funcione. Las concentraciones de potasio medidas por el analizador de gases en sangre pueden aumentar falsamente debido a la hemólisis durante la formación de coágulos.

4.4 Análisis de la muestra

Para garantizar la seguridad del paciente, los datos del paciente deben ingresarse en el analizador o en el sistema de información de laboratorio (manualmente o utilizando el lector de códigos de barras, si está disponible) y verificarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El tiempo del análisis de la muestra debe ser registrado.

Los datos sobre la temperatura corporal y el suministro de oxígeno del paciente pueden ingresarse en algunos analizadores, lo que permite la corrección de los resultados de BGA obtenidos a la temperatura corporal actual del paciente y para cálculos especiales para los cuales se necesitan datos sobre el suministro de oxígeno. Estas características adicionales deben implementarse solo después de la educación adecuada del personal involucrado en BGA.

El pH de la sangre recién extraída disminuye al pararse a una tasa de 0.02 a 0.03 pH / h a 22 ° C y <0.01 pH / hora a 4 ° C. Esta disminución del pH se acompaña de una disminución correspondiente de la glucosa y del aumento de lactato y $p\text{CO}_2$ en la muestra, principalmente debido a la glucólisis

Los efectos no deseados sobre el pH y los gases en la sangre pueden prevenirse analizando la muestra inmediatamente, dentro de los 30 minutos posteriores a la recolección. Las muestras con recuento elevado de glóbulos blancos deben analizarse de inmediato debido al efecto marcado del aumento de la glucólisis en el pH, los gases en sangre y el lactato (44,7).

Cuando se introducen muestras de jeringa en el analizador por aspiración, se formará una burbuja de aire en el resto de la muestra. Expulse el aire inmediatamente en caso de que la medición deba repetirse. La muestra se debe volver a analizar inmediatamente (preferiblemente en otro analizador si está disponible) si se obtienen resultados cuestionables (es decir, inconsistentes con los resultados pasados del paciente o el estado clínico actual), antes de que la calidad de la muestra se deteriore rápidamente (1).

Para garantizar la trazabilidad después del análisis, las muestras BGA deben almacenarse como se describe en el documento CCMB "Almacenamiento y preparación de muestras" (45).

4.5 Mantenimiento de instrumentación.

La amplia disponibilidad de instrumentos y materiales de calibración ha hecho que la medición confiable y precisa de los analitos disponibles dependa principalmente del mantenimiento regular, el cumplimiento de los procedimientos recomendados por el fabricante, el control del equipo y la recolección y manipulación adecuadas de las muestras. Cada laboratorio debe seguir las recomendaciones del fabricante para el mantenimiento para un rendimiento óptimo del analizador.

4.6 Informe de resultados

Además de los valores de gases sanguíneos (y / u otros analitos) y los datos de identificación del paciente, un informe completo debe contener información sobre:

- tiempo de recolección
- tiempo de entrega
- tiempo de análisis
- tiempo de liberación de resultados
- tipo de muestra (es decir, arterial, capilar) y muestreo modo
- cualquier configuración del ventilador, modo de ventilación e información sobre el suministro de oxígeno
- el tipo y la ubicación de las infusiones de líquidos
- el lugar de recolección
- la frecuencia respiratoria
- la temperatura corporal
- la postura y la actividad del paciente con
- comentarios especiales sobre el estado del paciente (por ejemplo, ansiedad)

Los comentarios sobre la calidad de la muestra, los retrasos en el transporte y el almacenamiento inadecuado también deben documentarse.

4.7 Interferencias analíticas

Los laboratorios deben estar familiarizados con las limitaciones del analizador, especialmente con respecto a las posibles interferencias.

Los sensores de pH poliméricos, normalmente utilizados en los analizadores de base en cartucho, así como los sensores de gas en sangre y analitos relacionados, están sujetos a interferencias de compuestos lipófilos como el perfluorocarbono que se encuentra en los materiales de control de calidad (QC) basados en emulsiones. Los surfactantes catiónicos, especialmente los compuestos de benzalconio, pueden interferir con las mediciones de sodio, potasio y calcio ionizado (46). Los sensores de magnesio ionizado están sujetos a la interferencia ionizada de calcio y sodio.

Las concentraciones de tiocianato comúnmente presentes en los fumadores pueden causar una disminución en las concentraciones de magnesio ionizado (1). Los sensores de cloruro se basan en membranas de intercambio iónico y, por lo tanto, son susceptibles a las interferencias causadas por más aniones lipófilos (distintos del cloruro) presentes en la muestra. Los salicilatos, tiocianatos, bromuros y yoduros producen concentraciones de cloruro falsamente elevadas.

Si el electrodo de cloruro se expone repetidamente a la heparina anticoagulante (p. Ej., Cuando se intenta lavar los coágulos del analizador), debido a su carga negativa, podría extraerse a la membrana de cloruro, lo que provocaría una reducción de la sensibilidad de la membrana a los iones de cloruro.

Los sensores de glucosa y lactato son susceptibles a la interferencia de sustancias oxidables endógenas y exógenas presentes en la sangre (ácido úrico, ácido ascórbico, paracetamol y dopamina). El fluoruro y el oxalato, que se usan típicamente como aditivos en los tubos de recolección de sangre, podrían producir una interferencia negativa en los biosensores de glucosa y lactato al inhibir las actividades de las enzimas oxidasas utilizadas en la reacción de medición.

La variación en las concentraciones de electrolitos y proteínas puede interferir con las mediciones de conductividad del hematocrito. La presencia de hemoglobina fetal y, rara vez, de sulfoglobina (es decir, hemoglobinas aberrantes) produce interferencias con las mediciones de cooximetría. La administración terapéutica de hidroxocobalamina y azul de metileno (que están coloreados e interfieren con las mediciones espectrofotométricas utilizadas en la cooximetría) puede afectar la medición de la fracción de hemoglobina (1).

La hemólisis tiene un efecto significativo sobre las concentraciones de potasio debido al gradiente de concentración presente entre las células (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) y el plasma. La hemólisis puede causar concentraciones de sodio y calcio ionizado erróneamente bajas debido al efecto de dilución. Otros analitos también pueden verse afectados, según el nivel de hemólisis (1,38).

Aunque la presencia de hemólisis en muestras de sangre entera es imposible detectar visualmente, se ha demostrado que causa poco fiable pO_2 y pCO_2 resultados (es decir, significativamente menor pO_2 y superior pCO_2 , respectivamente). Además, la hemólisis puede causar una disminución clínicamente importante en sO_2 y carboxihemoglobina (COHb).

Si se obtiene un resultado que no refleja la condición del paciente, debe sospecharse la presencia de hemólisis e investigarse transfiriendo la muestra de sangre completa a un tubo libre de aditivos y exponerlo a una centrifugación rápida (28, 38). La lipemia de muestra interfiere con la medición de la hemoglobina total y las fracciones de hemoglobina (1,34).

Los métodos para la medición del hematocrito en analizadores de gases en sangre incluyen el cálculo a partir de la concentración total de hemoglobina medida o su medición por conductividad. La medición de la conductividad depende de las concentraciones de electrolitos y, por lo tanto, es susceptible a sus variaciones.

Además, las concentraciones anormales de proteínas (es decir, las bajas concentraciones de proteínas resultantes de la dilución de la sangre con soluciones de electrólitos) dan como resultado valores de hematocrito espumosamente bajos medidos por conductividad. El cálculo del hematocrito a partir de la concentración de hemoglobina total medida asume un valor MCHC normal (alrededor de 340 g / L).

Los trastornos que producen valores anormales de MCHC (anemias microcíticas y / o macrocíticas, esferocitosis hereditaria y anemia falciforme) influyen en la precisión del cálculo. Los valores de MCHC pueden verse afectados por la agregación de eritrocitos debido a la presencia de aglutininas.

Los espectros de absorción de la hemoglobina fetal y adulta difieren ligeramente y la presencia de concentraciones elevadas de hemoglobina fetal puede causar concentraciones de carboxi y / o metahemoglobina falsamente elevadas. Algunos analizadores pueden corregir la presencia de hemoglobina fetal (1,28).

La elección del anticoagulante puede afectar los gases en sangre y las mediciones relacionadas. Ya se ha declarado que el anticoagulante de elección en el gas de sangre y las mediciones relacionadas es la liofilizada, heparina equilibrada. El aerosol y la forma seca de anticoagulante también son aceptables. Si se usa heparina líquida en su lugar, puede causar resultados erróneos por efecto de dilución en todos los analitos y / o interferir con las mediciones de calcio ionizado al unirla.

La heparina sódica puede aumentar falsamente las concentraciones de sodio. No se recomienda el uso de heparina terapéutica para BGA, ya que puede alterar las mediciones de calcio, magnesio y pH ionizados. Los anticoagulantes con EDTA y oxalato no se utilizan para el análisis de gases en sangre porque pueden interferir con las mediciones electrolíticas o enzimáticas al citar los cationes (1,28).

Los lubricantes y los aditivos pueden estar presentes en jeringas que pueden interferir con las mediciones de cooximetría. Se debe contactar a los fabricantes de jeringas e instrumentos para obtener información específica adicional (1). La contaminación de la muestra con el líquido de "línea de dibujo" de un catéter permanente puede dar lugar a errores de dilución clínicamente significativos (28).

4.8 Calibración

Los operadores deben cumplir con los procedimientos de calibración específicos del analizador recomendados por el fabricante. Los materiales de calibración deben ser rastreables a los materiales de referencia certificados. Para cumplir con el rendimiento analítico aceptable para la aplicación clínica, deben instituirse materiales de control de calidad rastreables y un programa de pruebas de competencia adecuado (1).

Cada analizador ha recomendado protocolos de calibración que incluyen materiales de calibración específicos y frecuencia (dependiendo de la estabilidad de la tecnología utilizada para la medición). Muchos sistemas analíticos tienen una verificación de calibración incorporada que se realiza después de cada calibración del sistema. Este proceso permite la detección oportuna de errores antes de ejecutar QC y muestras de pacientes. Desafortunadamente, debido a los efectos de la matriz, la recuperación de los valores esperados del calibrador puede no reflejar con precisión el rendimiento con muestras de pacientes (1).

La trazabilidad de los calibradores utilizados debe documentarse en una declaración del fabricante con respecto a la trazabilidad y las incertidumbres asociadas. Los estándares de pH primarios deben ser rastreables al método de referencia para el pH, calibrado con el Material de referencia estándar

(SRM) 186 I y 186 II. Los fabricantes deben usar la tonometría de sangre con mezclas de gases de composición certificada (SRM disponible en el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, NIST) como método de referencia para establecer la precisión de los dispositivos de medición de pO_2 y pCO_2 .

Las fracciones de hemoglobina se basan en relaciones de absorbancia y no requieren calibraciones separadas si las longitudes de onda de medición permanecen sin cambios. Los estándares primarios para la determinación de potasio, sodio y cloruro son soluciones gravimétricas producidas a partir de sales de KCl y NaCl de alta pureza trazables a SRM 918, SRM 919 y SRM 999, respectivamente. El estándar de calcio ionizado primario se produce a partir de $CaCO_3$ tamponado a pH 7,4 y se puede rastrear hasta NIST SRM 915. Los estándares de glucosa primarios son rastreables hasta SRM 917a (D-glucosa).

Su concentración de glucosa se asigna utilizando el método de referencia de glucosa. Dado que no se dispone de SRM certificado para lactato, los estándares primarios se preparan a partir de una sal láctica de litio pura comercialmente disponible. Si no existen estándares rastreables para un analito en particular, se pueden cumplir los requisitos de rastreabilidad utilizando materiales certificados de pureza conocida con caracterización física y química confiable, uso de métodos específicos y / o estándares de consenso o participación en un programa adecuado de comparaciones entre laboratorios. (1).

4.9 Control de calidad para análisis de gases en sangre y mediciones relacionadas.

El control de calidad (CC) para el gas de sangre y las mediciones relacionadas es particularmente importante porque estas pruebas se solicitan predominantemente en pacientes críticamente enfermos y el tratamiento se inicia inmediatamente después de recibir los resultados de las pruebas. El control de calidad interno verifica el logro del rendimiento analítico del analizador con los criterios apropiados para el uso previsto (27, 47).

Cada laboratorio debe diseñar la estrategia de análisis de control de calidad interno de acuerdo con los requisitos de buenas prácticas de laboratorio. Se recomienda realizar el análisis simultáneo de al menos dos niveles de materiales de CC comerciales diariamente para evaluar la calidad analítica del sistema de medición. Los materiales de CC deben cubrir el rango de medición y posiblemente los puntos clínicos críticos. Se sugieren materiales de control de calidad independientes de los producidos por el fabricante del analizador, pero esto no se puede lograr con analizadores basados en cartuchos.

Los procedimientos a seguir en caso de resultados de control de calidad inaceptables deben documentarse e instituirse según sea necesario. Si se utilizan múltiples analizadores de gases en sangre para BGA y mediciones relacionadas, las comparaciones con muestras de pacientes deben implementarse como un complemento útil a las pruebas de control de calidad diarias. Se recomienda al menos una comparación diaria de cada analito medido.

Las recomendaciones mencionadas anteriormente representan los requisitos mínimos de control de calidad para gases en sangre y mediciones relacionadas. Se recomienda encarecidamente a los laboratorios que definan sus propios objetivos de calidad para BGA y las mediciones relacionadas, y luego diseñen protocolos de control de calidad específicos para garantizar que el resultado de cada prueba del paciente cumpla con el objetivo de calidad establecido (27, 47). Los resultados de control de calidad deben revisarse y aplicarse de manera oportuna, según los procedimientos de laboratorio, para garantizar la confianza de los resultados informados.

La pregunta crítica en los protocolos de control de calidad de gases en sangre es la estrategia de las pruebas de control de calidad (es decir, número, tipo y frecuencia). La frecuencia de control de calidad depende en gran medida de la frecuencia de BGT (es decir, la carga de trabajo), la aceptabilidad de los resultados del control de calidad, las recomendaciones del fabricante y los requisitos reglamentarios. Por ejemplo, los requisitos de CLIA para BGA son estrictos: al menos una muestra de control de calidad cada 8 horas de prueba y 3 niveles (bajo, normal y alto) cada 24 horas de prueba.

La respuesta práctica sería correr en cada analizador en uso, al menos una vez por cada 8 horas, 3 niveles de control de pH, pO_2 y pCO_2 , y además, siempre a la finalización de los procedimientos de mantenimiento y resolución de problemas (27, 44, 47, 48).

Si se ubican varios analizadores de gases en sangre en el laboratorio o en el sitio del hospital, se debe analizar una sola muestra en varios analizadores, dentro de un corto período de tiempo, considerando la capacidad de la muestra. Si analizadores, que miden sO_2 por co-oximetría, y los que calcular sO_2 se utilizan indistintamente en el mismo laboratorio, la comparabilidad de los medidos y calculados sO_2 deben ser verificados resultados.

Si varios analizadores de gases en sangre se dislocan en un laboratorio u hospital, no se deben usar muestras de pacientes. En su lugar, el rendimiento analítico aceptable del analizador debe verificarse utilizando los protocolos internos de control de calidad establecidos. Si los analizadores de gases en sangre están ubicados cerca del analizador químico principal, y las mediciones de electrolitos y / o metabolitos del suero / plasma y muestras de sangre total se realizan en el laboratorio, se debe establecer una comparación continua de las dos plataformas.

Debe realizarse analizando muestras de suero / plasma en sistemas de medición múltiple. Las diferencias en las técnicas de medición y los tipos de muestras deben tenerse en cuenta al interpretar el sesgo obtenido (44). Los materiales de control de calidad disponibles en el mercado para BGA y las mediciones relacionadas incluyen soluciones a base de sangre que contienen hemoglobina libre, emulsión y materiales de control de fluidos acuosos tamponados.

Pueden ser introducidas por el operador o integradas en el sistema analítico y analizadas automáticamente (1). Las soluciones de control de calidad acuosas tamponadas normalmente simulan la sangre con respecto al pH y pCO_2 , pero tienen una baja capacidad de amortiguación de oxígeno y, por lo tanto, resisten mal los cambios de pO_2 , lo que las hace susceptibles al almacenamiento y la variabilidad de la temperatura de manejo.

Aunque se usa más comúnmente, la desventaja de los materiales de control de calidad acuosos se origina en su disimilitud con la sangre (no conmutabilidad) en términos de viscosidad, tensión superficial y conductividad eléctrica (1, 44). Materiales de control de calidad que contiene hemoglobina consisten en células rojas de la sangre o hemolizado, que mejora la pO_2 buffering. Los controles de emulsión contienen aceites (típicamente perfluorocarbono) en soluciones salinas acuosas tamponadas.

Si bien son mejores para resistir el cambio de oxígeno que las soluciones acuosas, su tensión y densidad superficial no son idénticas a las de la sangre. Los materiales de control de calidad sellados en ampollas contienen una fase de mezcla de gases en el espacio de cabeza y se deben equilibrar a la temperatura adecuada antes de abrirlos (si la temperatura ambiente es significativamente diferente de 25 °C).

Las soluciones de control de calidad para la oximetría consisten en una mezcla de colorantes que simulan las lecturas de absorbancia de la mezcla de desoxi, oxi, carboxi y metahemoglobina en un amplio rango de concentraciones clínicamente importantes (1).

Los materiales de control de calidad disponibles en el mercado deben manipularse y prepararse para su análisis de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los analizadores de gases en sangre más nuevos tienen una capacidad de control de calidad automatizada de cartuchos de control de calidad a bordo y / o utilizan "QC electrónicos". Los QC automáticos consisten en materiales de control de calidad a bordo que son analizados automáticamente por el instrumento en intervalos de tiempo designados (reguladores o del fabricante).

Dichos QC pueden verificar los componentes analíticos del sistema de prueba completa o parcialmente, y pueden usarse en combinación con los QC externos tradicionales. Supervisan la temperatura, el tiempo de incubación, la transferencia correcta de la muestra o el volumen de reactivos, la integridad de la muestra (coágulos de sangre) e informan al operador sobre fallas de los límites operativos aceptables.

En estos casos, algunos analizadores pueden incluso iniciar y documentar automáticamente las acciones correctivas. Estos QC integrados son consistentes y requieren poca o ninguna intervención operativa. Se recomienda encarecidamente utilizar materiales de control de calidad comerciales para controlar adecuadamente el rendimiento del sistema (1). Los QC electrónicos consisten en cartuchos que verifican los componentes electrónicos de los analizadores BGA. Como los QC electrónicos no pueden verificar el rendimiento analítico del analizador, los materiales de control de calidad comerciales adicionales deben analizarse concomitantemente (1).

4.10 Pruebas de aptitud para BGA y mediciones relacionadas

Los laboratorios deben participar en los programas de pruebas de aptitud (PT) para BGA y mediciones relacionadas organizadas por el centro croata para la evaluación de la calidad en medicina de laboratorio (CROQALM) del CSMBLM. Alternativamente, si el CROQALM no proporciona los analitos de interés, los proveedores externos independientes de PT son adecuados.

Se recomienda un mínimo de 3 ciclos de PT por año, que es la frecuencia común de BGA para CROQALM. Los resultados de PT obtenidos deben ser revisados por el personal apropiado y las acciones tomadas en caso de desempeño insatisfactorio. Estos procedimientos deben estar documentados (48).

Apéndice

Lista de comentarios recibidos en una discusión pública sobre las recomendaciones nacionales para BGA y las respuestas del grupo de trabajo para las pruebas de gases en sangre.

Comentarista 1 : considerando que el uso de una toalla tibia y húmeda a una temperatura no superior a 42 ° C no es conveniente para el uso rutinario, le sugiero que explique con detalle la arterialización de la muestra capilar usando crema vasodilatadora.

Respuesta de los autores: Agradecemos al comentarista por este comentario. La sección 3.3.2 Arterialización del sitio de punción de la piel para el muestreo capilar describe el procedimiento de uso de crema vasodilatadora para la arterialización del sitio de punción.

Comentarista 1 : sugiero revisar la recomendación con respecto a la frecuencia de los procedimientos de control de calidad en 24 horas, teniendo en cuenta el precio de 3 muestras comerciales de control de calidad diarias.

Respuesta de los autores: La sección 4.9 de las recomendaciones dice: "Cada laboratorio debe diseñar la estrategia de análisis de control de calidad interno de acuerdo con las buenas prácticas de laboratorio." La frecuencia del análisis de control de calidad depende de la carga de trabajo, la aceptabilidad de los resultados del control de calidad, las recomendaciones del fabricante y las regulaciones. requisitos, que también se indica claramente en las recomendaciones. El análisis de 3 muestras de control de calidad diarias, mencionado por el comentarista, es simplemente un ejemplo citado por los requisitos de CLIA, y no debe considerarse una recomendación nacional.

Comentarista 2 : Introducción: algunos analizadores también tienen co-oxímetros (integrados o conectados al analizador, como el IL Premier 3000, por ejemplo). En el caso del IL Premier 3000, el cooxímetro se enciende según los análisis solicitados. Cuando se enciende el cooxímetro, el analizador mide el SO_2 , mientras que cuando está apagado (en los casos en que solo se solicita BGA), el analizador calcula el valor de SO_2 . Los resultados de SO_2 se reportan indistintamente. Si este es el caso, ¿es necesario realizar un estudio de comparabilidad? O, teniendo en cuenta que las solicitudes de SO_2 medido son poco frecuentes, ¿es aconsejable informar siempre el resultado de SO_2 calculado?

Respuesta de los autores: La respuesta a este comentario se incluye en la sección 4.9 Control de calidad para el análisis de gases en sangre y mediciones relacionadas, en el párrafo que se refiere a la comparabilidad de los resultados de BGA.

Comentarista 2 : Tabla 1: no se ha especificado qué documento establece las competencias del personal del laboratorio; Además, no hay licenciaturas de diagnóstico de laboratorio en la lista.

Respuesta de los autores: Agradecemos este comentario. La Tabla 1 representa un resumen de los datos del texto, es decir, de la literatura que describe las competencias de las profesiones individuales en el cuidado de la salud en Croacia con respecto al análisis de gases en sangre y la práctica común en los laboratorios croatas. Por lo tanto, hemos agregado en el título de la tabla una lista de referencias que se refieren a los datos declarados. Con el fin de simplificar la cotización para diferentes niveles de educación (bachillerato, licenciatura, posgrado y posgrado), el grupo de trabajo decidió usar solo un término general para una profesión en particular que se ocupa de un área específica (p. Ej., Médico, enfermera). Por esta razón, la tabla no utiliza el término "licenciado en diagnósticos de laboratorio médico", sino solo el término más amplio "técnico de laboratorio".

Comentarista 2 : Análisis de muestra: no se describe la opción de incluir datos sobre la temperatura corporal y el suministro de oxígeno del paciente para el cálculo de los valores corregidos de BGA. Esto es especialmente importante para los pacientes en unidades de cuidados intensivos. ¿Una muestra que contiene un coágulo de sangre nunca es aceptable para BGA, o existen circunstancias especiales que permiten la medición confiable de cualquier parámetro de BGA?

Respuesta de los autores: La sección 4.4 Análisis de muestra de las recomendaciones nacionales se reformuló para responder a este comentario. La sección 4.3 de las recomendaciones nacionales establece: "Las muestras de gases sanguíneos que contienen burbujas de aire o coágulos visibles son inaceptables para el análisis." Por lo tanto, una muestra que contenga un coágulo visible no es aceptable para BGA, bajo ninguna circunstancia.

Comentarista 2 : Control de calidad (comparabilidad con muestras de pacientes) ¿Es una muestra de sangre arterial única de pacientes adecuada para estudios de comparabilidad, especialmente con respecto a la pO₂? ¿Se podría utilizar una muestra de suero o una muestra de plasma de heparina de litio, en alícuotas en múltiples recipientes taponados (dependiendo del número de analizadores comparados) para este propósito?

Respuesta de los autores: La sección 4.9 de las recomendaciones establece que se debe instituir una comparación en curso con la misma muestra del paciente, en un corto período de tiempo, en los analizadores de gases en sangre ubicados de manera cercana. La estabilidad de la muestra (in) debe considerarse siempre (especialmente con respecto a la pO₂). Al seleccionar una muestra para el control de comparabilidad, deben seguirse las instrucciones del fabricante sobre el tipo de muestra recomendado para el análisis.

Comentarista 2 : Almacenamiento de muestras después del análisis: no se especifica si las muestras BGA deben almacenarse después del análisis y durante cuánto tiempo, solo con fines de trazabilidad. Las recomendaciones de CCMB están disponibles en línea.

Respuesta de los autores: Agradecemos este comentario. Las recomendaciones fueron modificadas de acuerdo con este comentario en la sección 4.4 Análisis de la muestra.

Comentarista 3: "Una muestra de sangre capilar puede reemplazar una muestra arterial solo cuando se usa una técnica de arterialización, aunque la medición de pO₂ completamente confiable solo se puede lograr cuando se usa una muestra de sangre arterial". Resultados de la encuesta sobre procedimientos en pruebas de ácido-base en croata Los laboratorios muestran que el 46% de los laboratorios utilizan muestras capilares para el análisis de gases en sangre en adultos. Además, según las recomendaciones nacionales de la Sociedad Croata de Bioquímica Médica y Medicina de Laboratorio para la toma de muestras de sangre capilar, los resultados de la encuesta mostraron que hasta un 88% de los laboratorios nunca usan arterialización antes de la toma de muestras capilares. Por lo tanto, creo que debería prestarse mucha atención a la arterialización de la muestra capilar. Como su documento tiene una sección titulada Procedimiento para el muestreo de gases en sangre, Creo que el procedimiento de arterialización debe explicarse con más detalle, debido a situaciones en las que no hay posibilidad de recolectar sangre arterial (pacientes geriátricos, quemaduras, etc.). Tal vez el procedimiento de arterialización podría ser más aceptado y más presente en la práctica de laboratorio si se describiera un protocolo más detallado. Usted cita: "el procedimiento detallado de arterialización y todos los pasos para el muestreo capilar se describen en las recomendaciones nacionales de la Sociedad Croata de Bioquímica Médica y Medicina de Laboratorio para el muestreo de sangre capilar", pero desafortunadamente no hay más detalles que en su texto. Debe aclararse qué se entiende por una toalla (si sería apropiado usar una gasa desechable estéril), cómo garantizar una temperatura no superior a 42 ° C, si se debe usar aire seco y cálido, o quizás pueda sugerir qué crema aplicar (una crema que contiene un agente hiperémico o vasodilatador, ¿cuáles son esas sustancias?). Además, si se usa una crema, ¿cómo y cuándo se realiza la desinfección del sitio de punción?

Respuesta de los autores: Agradecemos este comentario. La sección 3.3.2 Arterialización del sitio de punción de la piel para el muestreo capilar describe el procedimiento de uso de crema vasodilatadora para la arterialización del sitio de punción.

Comentarista 3 : El documento "Competencias para otorgar la licencia de maestría en ciencias en bioquímica médica y especialistas en bioquímica médica y medicina de laboratorio" establece: "COMPETENCIAS: además de todas las competencias de la maestría en ciencias en bioquímica

médica, especialista en medicina La bioquímica y la medicina de laboratorio también obtuvieron competencias ... "Entonces, si entiendo correctamente, esto significa que la Tabla 1 declara que donde exista un maestro de ciencias competente en bioquímica médica, también debería haber un especialista competente en bioquímica médica y medicina de laboratorio. .

Respuesta de los autores: Agradecemos este comentario. Como ha dicho, todas las competencias relacionadas con la maestría en ciencias en bioquímica médica también están relacionadas con el especialista en bioquímica médica y medicina de laboratorio. El especialista en bioquímica médica y medicina de laboratorio tiene competencias adicionales que son específicas para ese nivel de educación y se obtienen durante la especialización. Sin embargo, para evitar poner demasiada información en la tabla, solo mencionamos "Maestría en ciencias en bioquímica médica", pero es obvio que un especialista en bioquímica médica y medicina de laboratorio también tiene competencias de maestría en ciencias en bioquímica médica. Más se explica en el texto, y el grupo de trabajo cree que la tabla debe permanecer sin cambios en este segmento.

Comentarista 3 : Sección 3.2.2. Anticoagulante: el uso de heparina líquida se menciona dos veces en el mismo contexto ("Debe evitarse el uso de heparina líquida debido al efecto de dilución en el gas de la sangre y los parámetros relacionados y la capacidad para unir electrolitos, a saber, el calcio" y luego "La anticoagulación con heparina líquida es desfavorable Dilución y efecto químico sobre BGA. ")

Respuesta de los autores: Agradecemos este comentario. El texto de la recomendación se ha modificado de acuerdo con este comentario en la sección 3.2.2.

Comentarista 3 : "Los materiales de control de calidad sellados en ampollas contienen una fase de mezcla de gases en el espacio de cabeza y deben equilibrarse a la temperatura adecuada antes de abrirse (si la temperatura ambiente es significativamente diferente de 25 °C)". Además de equilibrar la temperatura ambiente, debería QC ¿Los materiales, sellados en ampollas, deben mezclarse vigorosamente antes del análisis para equilibrar los gases en la fase acuosa o se debe enfatizar el manejo y preparación de dichas muestras de acuerdo con las recomendaciones del fabricante?

Respuesta de los autores: Agradecemos este comentario. Las recomendaciones fueron modificadas de acuerdo a este comentario en la sección 4.9.

References

1. Clinical and Laboratory Standards Institute. Blood gas and pH analysis and related measurements; Approved Guideline – Second Edition. CLSI document C46-A2. Clinical and Laboratory Standards Institute Wayne, Pennsylvania, USA, 2009.
2. [Povjerenstvo za stručna pitanja HKMB] Available at <http://www.hkmb.hr/povjerenstva/strucna-pitanja.html>. (in Croatian) Accessed September 22nd 2014.
3. Casagrande I. Point-of-care testing in critical care: the clinician's point of view. Clin Chem Lab Med 2010;48:931-4. <http://dx.doi.org/10.1515/CCLM.2010.191>.
4. Sevdalis N, Jacklin R, Arora S, Vincent CA, Thomson RG. Diagnostic error in a national incident reporting system in the UK. J Eval Clin Pract 2010;16:1276-81. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2753.2009.01328.x>.
5. Dukić L, AM Šimundić. Institutional practices and policies in acid-base testing: a self reported Croatian survey study on behalf of the Croatian society of medical biochemistry and laboratory medicine Working Group for acid-base balance. Biochem Med (Zagreb) 2014;24;281-92. <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2014.031>.
6. Mikulcik P. Rapid Analysis – Blood gases and more; 1st English ed. Siemens Healthcare Diagnostics, München, Germany, 2009. Available at: <http://www.healthcaresiemens.com>. Accessed November 1st 2014.
7. Clinical and Laboratory Standards Institute. Procedures for the collection of arterial blood specimens; Approved standard – fourth edition. CLSI document GP43-A4 (former H11- A4). Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, Pennsylvania, USA, 2004.
8. WHO Guidelines on drawing blood: Best practices in phlebotomy. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138650/>. Accessed October 26th 2014.
9. Ishii S, Miyajima M, Shishido F, Sakuma K. Hematoma after femoral arterial blood sampling: incidence, imaging features, and course of hematoma. J Comput Assist Tomogr 2012;36:257-60. <http://dx.doi.org/10.1097/RCT.0b013e3182483c55>.
10. American Association for Respiratory Care. AARC clinical practice guideline. Sampling for arterial blood gas analysis. Respiratory Care. 1992;8:891-7.
11. Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: A meta-analysis. Respir Physiol Neurobiol 2007;155:268-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resp.2006.07.002>.
12. Clinical and Laboratory Standards Institute. Procedures and devices for the collection of diagnostic capillary blood specimens; Approved standard – sixth edition. CLSI document GP42-A6. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, Pennsylvania, USA, 2008.
13. McKay RJ Jr. Diagnosis and Treatment: Risks of obtaining samples of venous blood in infants. Pediatrics 1966;38:906-8.
14. AARC Clinical Practice Guideline. Capillary blood sampling for neonatal and paediatric patients. Respr Care 2001;46:506-13.
15. Vaquer S, Masip J, Gili G, Gomá G, Oliva JC, Frechette A, *et al*. Earlobe arterialized capillary blood gas analysis in the intensive care unit: a pilot study. Ann Intensive

Care 2014;4:11. <http://dx.doi.org/10.1186/2110-5820-4-11>.

16. Sauty A, Uldry C, Debétaz LF, Leuenberger P, Fitting JW. Differences in pO₂ and pCO₂ between arterial and arterialized earlobe samples. *Eur Respir J* 1996;9:186-9. <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.96.09020186>.
17. Meites S, Lin SS, Thompson C. Studies on the quality of specimens obtained by skin puncture of children 1. Tendency to hemolysis, and hemoglobin and tissue fluid as contaminants. *Clin Chem* 1981;27:875-8.
18. [Katalog znanja i vještina za studij medicine]. Available at: <http://www.medri.uniri.hr/dokumenti/assets/katalog/klinika.pdf>. (in Croatian) Accessed October 21st 2014.
19. [Standardizirani postupci u zdravstvenoj njezi.] Available at: http://www.hkms.hr/data/1316431523_388_mala_stand.postupci-kompletno.pdf. (in Croatian) Accessed October 21st 2014. *Biochemia Medica* 2016;26(3):318-36 <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2016.036336> Dukić L. *et al.* Recommendations for blood gas testing
20. [Kompetencije medicinskih sestara opće zdravstvene njege.] Available at: http://www.hkms.hr/data/1316431477_292_mala_kompetencije_18062011_kompletno.pdf. (in Croatian) Accessed October 21st 2014.
21. [Kompetencije za izdavanje odobrenja za samostalan rad magistara medicinske biokemije i specijalista medicinske biokemije i laboratorijske medicine], HKMB, 2013. Available at: <http://www.hkmb.hr/povjerenstva/strucna-pitanja.html> (in Croatian) Accessed October 21st 2014.
22. [Narodne novine 34/05. Pravilnik o načinu obavljanja medicinsko biokemijske djelatnosti uz bolesnika.] Available at: <http://www.propisi.hr/print.php?id=3363>. (in Croatian) Accessed October 21st 2014.
23. Nikolac N, Šupak-Smolčić V, Šimundić AM, Čelap I. Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine: national recommendations for venous blood sampling. *Biochem Med (Zagreb)* 2013;23:242-54. <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2013.031>.
24. Lippi G, Blanchaert N, Bonini P, Green S, Kitchen S, Palicka V, *et al.* Causes, consequences, detection, and prevention of identification errors in laboratory diagnostics. *Clin Chem Lab Med* 2009;47:143-53. <http://dx.doi.org/10.1515/CCLM.2009.045>.
25. Clinical and Laboratory Standards Institute. Procedures for the collection of diagnostic blood specimens by venipuncture; Approved standard-sixth edition, CLSI document H3-A6, Wayne, Pennsylvania, USA, 2007.
26. [HKMB: Standardi dobre stručne prakse. Sadržaj uputnice.] Available at: <http://www.hkmb.hr/povjerenstva/strucna-pitanja.html>
27. International Organization for Standardization, ISO15189:2012 Medical laboratories – Requirements for quality and competence. 2012.
28. Baird G. Preanalytical considerations in blood gas analysis. *Biochem Med (Zagreb)* 2013;23:19-27. <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2013.005>.
29. Burnett RW, Covington AK, Fogh-Andersen N, Külpmann WR, Maas AHJ, Müller-Plathe O *et al.* Approved IFCC recommendations on whole blood sampling, transport and

storage for simultaneous determination of pH, blood gases and electrolytes. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 1995;33:247-53.

30. Crawford A. An audit of the patient's experience of arterial blood testing. Available at: <http://www.acutecaretesting.org>. Accessed October 14th 2013.
31. Wennecke G, Dal Knudby M, eds. Avoiding preanalytical errors – in capillary blood testing. Radiometer Medical Aps, Brønshøj, Denmark, 2009.
32. Wennecke G, Juel G, eds. Avoiding preanalytical errors – in blood gas testing. Radiometer Medical Aps, Brønshøj, Denmark, 2008.
33. Hedberg P, Majava A, Kiviluoma K, Ohtonen P. Potential preanalytical errors in whole-blood analysis: Effect of syringe sample volume on blood gases, electrolyte and lactate values. *Scan J Clin Lab Invest* 2009;69:585-91.
<http://dx.doi.org/10.1080/00365510902878716>.
34. Davis MD, Walsh BK, Sittig SE, Restrepo RD. AARC clinical practice guideline: blood gas analysis and hemoximetry:2013. *Resp Care* 2013;58:1694-703.
<http://dx.doi.org/10.4187/respcare.02786>.
35. Küme T, Şişman AR, Solak A, Tuğlu B, Çinkooğlu B, Çoker C. The effects of different syringe volume, needle size and sample volume on blood gas analysis in syringes washed with heparin. *Biochem Med (Zagreb)* 2012;22:189-201.
<http://dx.doi.org/10.11613/BM.2012.022>.
36. Lima-Oliveira G, Lippi G, Salvagno GL, Montagnana M, Picheth G, Guidi GC. Different manufacturers of syringes:A new source of variability in blood gas, acid-base balance and related laboratory tests? *Clin Biochem*2012;45:683-7.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.03.007>.
37. Toffaletti JG. Effect of small air bubbles on changes in blood pO2 and blood gas parameters: calculated vs. measured effects. Available at: www.acutecaretesting.org Accessed January 19th 2013.
38. Lippi G, Fontana R, Avanzini P, Sandei F, Ippolito L. Influence of spurious hemolysis on blood gas analysis. *Clin Chem Lab Med* 2013;51:1651-4.
<http://dx.doi.org/10.1515/cclm-2012-0802>.
39. Salvagno GL, Lippi G, Gelati M, Guidi GC. Hemolysis, lipaemia and icterus in specimens for arterial blood gas analysis. *Clin Biochem* 2012;45:372-3.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2011.12.005>.
40. Hess CE, Nichols AB, Hunt WB, Suratt PM. Pseudohy poxemia secondary to leukemia and thrombocytosis. *N Engl J Med* 1979;301:361-3.
<http://dx.doi.org/10.1056/NEJM197908163010706>.
41. Knowles TP, Mullin RA, Hunter JA, Douce FH. Effects of syringe material, sample storage time, and temperature on blood gases and oxygen saturation in arterialized human blood samples. *Resp Care* 2006;51:732-6.
42. Leniček Krleza J, Dorotić A, Grzunov A, Maradin M. Capillary blood sampling: national recommendations of the Croatian society of medical biochemistry and laboratory medicine. *Biochem Med (Zagreb)* 2015;25:335-58.
<http://dx.doi.org/10.11613/BM.2015.034>.
43. Narayanan S. Preanalytical issues related to blood sample mixing. Available at: <http://acutecaretesting.org/en/articles/preanalytical-issues-related-to-blood-sample>

44. Burtis CA, Ashwood ER, Bruns DE editors. Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics – 5th edition. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012.
45. [HKMB. Pohrana i priprava uzoraka, PPSP-ZK 2, izd1.] Available at: <http://www.hkmb.hr/povjerenstva/arhiva/HKMB%20PPSP%202.pdf>. (in Croatian). Accessed March 26th 2016.
46. Dimeski G, Badrick T, John AS. Ion Selective Electrodes (ISEs) and interferences – a review. Clin Chim Acta 2010;411:309-17.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cca.2009.12.005>.
47. Ehrmeyer SS. The importance of quality control (QC) to quality blood gas testing. Available at <http://acutecaretesting.org/en/articles/the-importance-of-quality-control-qc-toquality-blood-gas-testing>. Accessed February 15th 2015.
48. National Association of Testing Authorities. Interpretation of NPAAC Requirements and ISO 15189 Medical Testing Field Application Document. Available at: <http://www.nata.com.au>. Accessed October 7th 2015.

Renuncia

Puede contener información que no esté respaldada por las declaraciones de rendimiento y uso previsto de los productos de Radiometer. Véase también [información legal \(/en/about/legalinfo\)](/en/about/legalinfo).

Regístrese para el boletín de Pruebas de Cuidado Agudo

Regístrate
(/en/newsletter)