

Glucosa

Glucose

Código SCPC (Sociedad Colombiana de Patología Clínica): 27300 (glucemia en ayunas), 27400 (glucemia pre y posglucosa), 27500 (glucemia pre y posprandial), 30100 (O'Sullivan presuntiva), 30000 (O'Sullivan confirmatoria), 30180 (prueba de tolerancia a la glucosa para diabetes gestacional), 30200 (prueba de tolerancia a la glucosa 2 horas 4 muestras), 30300 (prueba de tolerancia a la glucosa 2 horas 5 muestras), 30400 (prueba de tolerancia a la glucosa 3 horas 5 muestras), 30500 (prueba de tolerancia a la glucosa 4 horas 6 muestras), 30600 (prueba de tolerancia a la glucosa 4 horas 7 muestras), 30700 (prueba de tolerancia a la glucosa 5 horas 7 muestras), 30800 (prueba de tolerancia a la glucosa 5 horas 8 muestras), 48100 (glucosa cuantitativa en orina). **Código CUPS (Codificación Única de Procedimientos en Salud):** 903841 (glucemia en ayunas), 903842 (glucemia pre y posglucosa), 903842 (glucemia pre y posprandial), 903843 (O'Sullivan presuntiva), 983845 (O'Sullivan confirmatoria), 983845 (prueba de tolerancia a la glucosa para diabetes gestacional), 903844 (prueba de tolerancia a la glucosa 2 horas 4 muestras), 903844 (prueba de tolerancia a la glucosa 2 horas 5 muestras), 983844 (prueba de tolerancia a la glucosa 3 horas 5 muestras), 903844 (prueba de tolerancia a la glucosa 4 horas 6 muestras), 903844 (prueba de tolerancia a la glucosa 4 horas 7 muestras), 903844 (prueba de tolerancia a la glucosa 5 horas 7 muestras), 903844 (prueba de tolerancia a la glucosa 5 horas 8 muestras), 90340 (glucosa cuantitativa en orina). **Sección:** Química clínica. **Nivel de complejidad:** bajo. **Metodología:** hexoquinasa/G-6-PDH. **Sinónimos:** glucemia, azúcar en sangre, azúcar en orina, glucosuria.

Definición

La medición de glucosa es un ensayo espectrofotométrico que emplea la metodología hexoquinasa/G-6-PDH para la determinación cuantitativa de glucosa en suero, orina o líquido cefalorraquídeo (LCR) en humanos.

Espectro clínico de aplicación

La glucosa es un monosacárido, una forma de azúcar que se encuentra en las frutas, los cereales, el pan, la pasta, el arroz y la miel. Es el compuesto orgánico más abundante de la naturaleza y la fuente primaria de síntesis de energía de todas las

células al combinarla con el oxígeno de la respiración. Esta energía producida permite llevar a cabo procesos celulares como la transmisión nerviosa, la contracción muscular, el transporte activo y la producción de sustancias químicas.

Cuando ingerimos alimentos la glucosa entra al torrente sanguíneo y los niveles en sangre se elevan. En respuesta el páncreas, específicamente en los islotes pancreáticos, produce y secreta a la sangre la insulina, una hormona que aumenta la permeabilidad celular y facilita el transporte de la glucosa hacia el interior de las células para convertirla en energía y para que sea utilizada en forma de glucógeno (reserva energética almacenada principalmente en el hígado y los músculos), aminoácidos y ácidos grasos; en consecuencia, la glucosa en sangre desciende a los niveles basales y se reduce la secreción de insulina por el páncreas.

Por el contrario, cuando la glucemia disminuye, por ejemplo, durante el ayuno, los islotes secretan el glucagón, una hormona pancreática hiperglucemiante que se encarga de estimular al hígado y a los músculos para que descompongan el glucógeno almacenado y liberen la glucosa al torrente sanguíneo para así restaurar el equilibrio. Otras hormonas como la adrenocorticotrópica (ACTH), los adrenocorticosteroides, la epinefrina y la tiroxina también son importantes en el metabolismo de glucosa.

El tejido más sensible a los cambios en la glucemia es el cerebro, encontrándose a concentraciones muy bajas o muy altas de glucosa síntomas de confusión mental y de inconsciencia. Otros órganos que se pueden ver afectados debido a los niveles aumentados de glucemia son los riñones, la retina, los vasos sanguíneos, entre otros.

El aumento anormal de la glucemia (hiperglucemia) es el principal indicador de diabetes, aunque existen otros factores involucrados en la alteración de los niveles de glucosa en sangre como el metabolismo anormal de la glucosa, la reducción en el número de receptores de insulina, la malabsorción intestinal, la incapacidad del hígado para metabolizar el glucógeno y las alteraciones en las hormonas reguladoras.

La diabetes es el trastorno más común asociado a la glucosa causada por la incapacidad total o relativa del páncreas de producir la insulina, lo que impide que la glucosa entre a las células para ser gastada o almacenada y, en consecuencia, lleva a que sus niveles en la sangre se mantengan peligrosamente elevados. La mayoría de los casos de diabetes, como enfermedad crónica, se clasifican en dos grupos:

- La diabetes tipo I: se presenta en niños o adultos menores de 35 años. Es llamada también insulino dependiente en referencia a que quienes la padecen no producen insulina, por lo que necesitan inyectársela para vivir.

- La diabetes tipo II: se presenta en adultos mayores de 35 años y se conoce como no insulino dependiente, ya que las personas producen insulina pero en una cantidad insuficiente o porque sus células no son capaces de utilizarla (resistencia a la insulina). Este tipo de diabetes se asocia en un alto porcentaje a la obesidad.

Además de la diabetes tipo I y II existen algunas condiciones potencialmente reversibles de la diabetes, como la prediabetes, que se produce cuando los niveles de glucemia son más altos de lo normal pero no lo suficientemente para ser clasificados como diabetes, y la diabetes gestacional, que se presenta en algunas mujeres durante el embarazo y puede desaparecer en la mayoría de ellas después del parto. También existen otras formas de diabetes que no cumplen con los criterios anteriores, como la diabetes relacionada con defectos genéticos del páncreas o la insulina.

El diagnóstico de la diabetes se establece mediante la determinación de los niveles de la glucosa en sangre (glucemia), de acuerdo con los criterios definidos y revisados periódicamente por la Asociación Americana de la Diabetes (ADA, por sus siglas en inglés):

- Glucemia en ayunas igual o mayor que 126 mg/dL en dos ocasiones diferentes; o
- Glicemia en una curva de tolerancia a la glucosa tras la administración de 75 g de glucosa igual o mayor que 200 mg/dL en dos ocasiones diferentes; o
- Glucemia en cualquier momento del día, sin estar en ayunas y con presencia de síntomas compatibles con diabetes, igual o mayor que 200 mg/dL.

La mayoría de los pacientes con hiperglucemia no presentan síntomas, aunque en ciertas personas puede dar el cuadro clínico clásico que consiste en:

- Poliuria (orinar en exceso)
- Polidipsia (aumento exagerado de la sed)
- Polifagia (gran apetito)

Todo esto acompañado o no por pérdida de peso.

La hipoglucemia se produce cuando la glucosa en la sangre desciende por debajo de los niveles normales. Por lo general es leve y puede tratarse de manera rápida y fácil al comer o beber una pequeña porción de alimentos ricos en glucosa. En los adultos y los niños mayores de 10 años la hipoglucemia es poco común, excepto, en aquellos que son diabéticos, en los que se produce como un efecto secundario al tratamiento. Además, hay ciertas condiciones en personas no dia-

béticas que llevan a la hipoglucemia como el consumo de ciertos medicamentos (p. ej. la quinina, usada para el tratamiento de la malaria), consumo excesivo de alcohol, otras enfermedades (p. ej. hepatitis, daño renal, anorexia nerviosa, entre otras), deficiencias hormonales o enzimáticas y tumores del páncreas (insulinomas).

La hipoglucemia causa síntomas tales como hambre, temblores, nerviosismo, sudoración, mareos o desvanecimientos, somnolencia, confusión, dificultad en el habla, ansiedad y debilidad. Si la hipoglucemia no se trata puede empeorar y causar confusión, torpeza, visión borrosa o desmayo. La hipoglucemia grave puede causar convulsiones, coma e incluso la muerte. Por su parte, en los pacientes con hipoglucemia la tríada de Whipple está característicamente presente: niveles bajos de glucosa en la sangre, presencia de síntomas característicos y regresión de estos síntomas cuando los niveles de glucosa en la sangre regresan a la normalidad.

La glucosuria corresponde a la presencia anormal de la glucosa en orina causada por un defecto hereditario autosómico dominante en la reabsorción de la glucosa a nivel del túbulo renal, donde tiene lugar la depuración de la sangre, que ocasiona que la glucosa se excrete de los riñones en la orina, incluso cuando el nivel de glucosa en la sangre es normal. La glucosuria renal es un proceso benigno que cursa de forma asintomática, con rara intolerancia al ayuno y caracterizada por glucosuria constante, glucemia normal, metabolismo normal de los carbohidratos y ausencia de otras anomalías tubulares.

El médico especialista debe solicitar el examen de glucosa en sangre cuando se sospecha hipoglucemia o diabetes para establecer el diagnóstico o para monitorear a los pacientes que ya padecen la diabetes. Entretanto, la determinación de glucosa en orina es útil cuando se sospecha glucosuria y, en ocasiones, para el seguimiento de los pacientes con diabetes. Finalmente, la determinación de glucosa en el líquido cefalorraquídeo se puede realizar para diagnosticar tumores, infecciones, inflamación del sistema nervioso central, delirio y otras afecciones neurológicas.

Fundamento

La glucosa es fosforilada por la hexoquinasa (HK) en presencia de adenosín trifosfato (ATP) y de iones de magnesio para producir glucosa-6-fosfato (G-6-P) y adenosín difosfato (ADP). La glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G-6-PDH) oxida específicamente la glucosa-6-fosfato en 6-fosfogluconato con la reducción consiguiente del dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD) a dinucleótido de nicotinamida y adenina reducido (NADH). Por cada μmol de glucosa consumida se produce 1 μmol de NADH. El NADH producido absorbe luz a 340 nm y se puede detectar espectrofotométricamente a medida que incrementa la absorbancia.

El reactivo 1 del estuche contiene las enzimas hexoquinasa y glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, al igual que el NAD y el ATP que producen las reacciones descritas a partir de la glucosa presente en la muestra.

Control de calidad

La prueba de glucosa se controla y analiza diariamente con sueros y orinas de segunda opinión, los cuales se corren antes de procesar las muestras, que constan de dos niveles, uno normal y otro patológico.

También se cuenta con un control de calidad externo ciego del Colegio Americano de Patólogos (CAP; del inglés, *College of American Pathologists*) que se analiza en el estuche de orinas cada seis meses y en el de suero tres veces al año.

Preparación del paciente y manejo de las muestras

Preparación del paciente

El paciente requiere de un ayuno de 12 horas.

Tipo de muestra

Suero recolectado en tubos con gel separador (tapa amarilla) o secos (tapa roja) mediante técnicas normalizadas de venopunción.

Orina sin conservantes recogida al azar o en intervalos inferiores a 24 horas.

Orina de 24 horas. Para esta se añaden 5 mL de ácido acético glacial al recipiente antes de iniciar la recolección.

Líquido cefalorraquídeo.

Manejo y conservación de las muestras

Luego de la toma de muestras de suero se debe asegurar que se haya completado la formación del coágulo antes de la centrifugación. Algunas muestras pueden tardar más tiempo en completar el proceso de coagulación, especialmente las que se obtienen de pacientes que reciben una terapia con anticoagulantes o trombolítica. Posteriormente, se pueden formar coágulos de fibrina en estas muestras de suero que pueden ocasionar resultados incorrectos.

Se debe comprobar si hay partículas en las muestras antes de ser almacenadas. Si las hubiera, las muestras se deben mezclar y centrifugar adecuadamente para eliminar las partículas.

El almacenamiento máximo recomendado de las muestras, previo a la evaluación de la glucosa, es:

Temperatura	Almacenamiento máximo		
	Suero	Orina*	Líquido cefalorraquídeo
20 °C a 25 °C	1 día	No aplica	3 días
2 °C a 8 °C	7 días	No aplica	> 1 mes

**Debe ser procesada inmediatamente*

Valores esperados

Los valores de referencia de glucosa, para las diferentes pruebas, establecidos por el Laboratorio Clínico Hematológico son:

Prueba	Tiempos	Valores esperados (mg/dL)
Glucemia en ayunas	No aplica	60 a 100
Glucemia pre y posglucosa	Basal	60 a 100
	1 hora	130 a 160
	2 horas	70 a 120
Glucemia pre y posprandial	Basal	60 a 100
	2 horas	Sin valores establecidos
O'Sullivan confirmatoria	Basal	60 a 100
	1 hora	Menor que 190
	2 horas	Menor que 165
	3 horas	Menor que 145
O'Sullivan presuntiva	Basal	60 a 115
	1 hora	Menor que 140
Prueba de tolerancia a la glucosa para diabetes gestacional (según la ADA)	Basal	Menor que 92
	1 hora	Menor que 180
	2 horas	Menor que 153
Prueba de tolerancia a la glucosa de 2 horas 4 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	2 horas	70 a 120
Prueba de tolerancia a la glucosa de 2 horas 5 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	1 y 1/2 hora	100 a 140
	2 horas	70 a 120
Prueba de tolerancia a la glucosa de 3 horas 5 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	2 horas	70 a 120
	3 horas	60 a 110

Prueba de tolerancia a la glucosa de 4 horas 6 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	2 horas	70 a 120
	3 horas	60 a 110
	4 horas	60 a 110
Prueba de tolerancia a la glucosa de 4 horas 7 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	1 y ½ hora	100 a 140
	2 horas	70 a 120
	3 horas	60 a 110
Prueba de tolerancia a la glucosa de 5 horas 7 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	1 y ½ hora	100 a 140
	2 horas	70 a 120
	3 horas	60 a 110
Prueba de tolerancia a la glucosa de 5 horas 8 muestras	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	1 y ½ hora	130 a 160
	2 horas	70 a 120
	3 horas	60 a 110
Prueba de tolerancia a la glucosa de 5 horas 8 muestras	4 horas	60 a 110
	5 horas	60 a 110
	Basal	60 a 100
	1/2 hora	140 a 180
	1 hora	130 a 160
	1 y ½ hora	130 a 160
Glucosa cuantitativa en orina (aleatoria/24 horas)	No aplica	Negativo
	Glucosa en líquido cefalorraquídeo	No aplica

Interpretación de resultados

En adultos, niños y mujeres no embarazadas los valores de glucosa en ayunas superiores a 100 mg/dL son indicativos de prediabetes, que se considera de riesgo para desarrollar diabetes tipo 2. Valores mayores que 126 mg/dL en ayunas, en al menos dos ocasiones, hacen diagnóstico de diabetes mellitus. En mujeres embarazadas los valores en ayunas iguales o superiores a 105 mg/dL requieren de la realización de pruebas de tolerancia oral a la glucosa. En las personas diabéticas un resultado anormal puede significar que la diabetes no está bien controlada.

Los niveles elevados de glucosa en suero pueden encontrarse en otras condiciones patológicas entre las que se incluyen: hipertiroidismo, enfermedad de Cushing, excitaciones psíquicas, infarto del miocardio, convulsiones, accidente cerebrovas-

cular, feocromocitoma, adenoma de pituitaria, hemocromatosis, glucagonoma, pancreatitis aguda o crónica, enfermedades hepáticas, enfermedad renal crónica, deficiencia de vitamina B, embarazo, esfuerzos musculares, alteraciones traumáticas, líquidos intravenosos con glucosa, procedimientos quirúrgicos, anestesia, fumadores, sobredosis de cocaína e intoxicación por metanol, entre otros.

Los niveles bajos de glucosa en suero se pueden deber a: insulinomas, carcinomas extrapancreáticos, enfermedad de Addison, hipotiroidismo, hipopituitarismo, mala absorción de glucosa, estados de hambre, alcoholismo, intoxicación por cloroformo o arsénico, sobredosis de insulina, hipoglucemia reactiva, deficiencias endocrinas, cirugías gastrointestinales, hematocritos aumentados, ejercicio intenso y medicamentos como la quinina, el haloperidol y las que incluyen etanol.

Los niveles elevados de glucosuria son de utilidad en el diagnóstico diferencial de glucosuria renal y diabetes mellitus, indispensable para evitar errores terapéuticos. De igual manera, es de utilidad para descartar otras melituras (pentosuria, galactosuria, entre otras) o la glucosuria presente durante el embarazo.

Los niveles elevados o disminuidos de glucosa en el líquido cefalorraquídeo pueden ser ocasionados por infecciones bacterianas o micóticas, inflamación del sistema nervioso central o la presencia de un tumor cerebral.

Interferentes y limitaciones

La presencia de hemólisis en el suero puede disminuir los resultados del ensayo.

El ensayo de glucosa en sangre para los sistemas ARCHITECT presenta interferencia con la bilirrubina, la hemoglobina y los lípidos a concentraciones mayores que 30 mg/dL, 1.000 mg/dL y 1.000 mg/dL, respectivamente.

Para las muestras de orina las siguientes sustancias presentan una interferencia inferior al 10% en la prueba: proteínas mayores que 50 mg/dL, oxalato sódico mayor que 50 mg/dL, ascorbato mayor que 200 mg/dL, ácido acético (8,5 N) mayor que 6,25 mL/dL, ácido bórico hasta 250 mg/dL, ácido clorhídrico (6 N) hasta 2,5 mL/dL, ácido nítrico (6 N) hasta 5,0 mL/dL, fluoruro sódico hasta 400 mg/dL y carbonato sódico hasta 1,25 g/dL.

Bibliografía recomendada

Abbott laboratories. ARCHITEC Glucose. Wiesbaden, Alemania. 2012.

Andrade F. Estimating diabetes and diabetes-free life expectancy in Mexico and seven major cities in Latin America and the Caribbean. *Rev Panam Salud Publica* 2009; 26: 9-16.

Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 2003; 26 Suppl 1: S5-20.

Sánchez JC, López DF, Pinzón ÓA, Sepúlveda JC. Adipocinas y síndrome metabólico: múltiples facetas de un proceso fisiopatológico complejo. *Rev Colomb Cardiol* 2010; 17: 167-176.

World Health Organization. The World Health report 2002: reducing risks, promoting healthy life. Ginebra, Suiza; 2002.