

Uso del tiempo de coagulación activado (ACT) en cirugía cardíaca y dispositivos de medición. Revisión cualitativa

Use of activated clotting time (ACT) in cardiac surgery and measurement devices: A qualitative review

Rodrigo Araya Rubio^{1,*} , Franco Velásquez López¹, Diego Varas Román¹, David González Valdés², Alejandra Parraguez Muñoz²

¹ Universidad Católica del Maule, Hospital regional de Talca. Talca, Chile.

² Hospital Regional de Talca. Talca, Chile.

Fuente de financiamiento: Ninguna.

Conflicto de intereses: Ninguno.

Fecha de recepción: 15 de octubre de 2025 / Fecha de aceptación: 21 de enero de 2026

ABSTRACT

Objective: Synthesize the evidence on variability among activated clotting time (ACT) analyzers and their clinical impact during cardiopulmonary bypass (CPB) in cardiac surgery. **Materials and Methods:** Qualitative review (January 2000–July 2025) in PubMed, Embase, Scopus, SciELO, Google Scholar, Epistemonikos, and Cochrane; inclusion of 18 prospective, observational, and comparative studies in humans. **Results:** The ACT remains the cornerstone of heparinization monitoring during CPB, but results differ across platforms and cartridges, making them non-interchangeable. Systematic biases are documented, with the potential to alter heparin dosing and protamine reversal. Physiological factors (hemodilution/hematocrit, hypothermia, heparin distribution phase) and analytical limitations (plateau at high doses, low sensitivity ≤ 0.1 IU/mL) modulate the ACT. The guidelines propose thresholds close to 480 s, with local validation by platform/cartridge. **Conclusions:** ACT is useful if the analyzer and cartridge are standardized throughout the procedure, thresholds are recalibrated when the platform or reagent changes, and it is supplemented with anti-Xa or heparinometry in critical scenarios (prolonged cardiopulmonary bypass, low hematocrit, pediatric patients, or heparin resistance).

Keywords: Whole blood coagulation time (activated clotting time), cardiopulmonary bypass, point-of-care testing.

RESUMEN

Objetivo: Sintetizar la evidencia sobre la variabilidad entre analizadores de tiempo de coagulación activado (ACT) y su impacto clínico durante la circulación extracorpórea (CEC) en cirugía cardíaca. **Material y Método:** Revisión cualitativa (enero 2000-julio 2025) en PubMed, Embase, Scopus, SciELO, Google Scholar, Epistemonikos y Cochrane; inclusión de 18 estudios prospectivos, observacionales y comparativos en humanos. **Resultados:** El ACT sigue siendo el pilar del monitoreo de la heparinización en CEC, pero los resultados difieren entre plataformas y cartuchos, por lo que no son intercambiables. Se documentan sesgos sistemáticos, con potencial para modificar dosis de heparina y la reversión con protamina. Factores fisiológicos (hemodilución/hematocrito, hipotermia, fase de distribución de heparina) y límites analíticos (meseta a altas dosis, baja sensibilidad $\leq 0,1$ UI/mL) modulan el ACT. Las guías proponen umbrales cercanos a 480 s, con validación local por plataforma/cartucho. **Conclusiones:** El ACT es útil si se estandarizan analizador y cartucho durante todo el procedimiento, se recalibran umbrales ante cambios de plataforma/reactivo y se complementa con anti-Xa o heparinometría en escenarios críticos (CEC prolongada, hematocrito bajo, población pediátrica o resistencia a heparina).

Palabras clave: Tiempo de coagulación de sangre total (tiempo de coagulación activado), circulación extracorpórea, pruebas en el punto de atención.

*Autor de correspondencia:

Rodrigo Araya Rubio
Rararaya.rubio@gmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7722-4857>

ISSN: 0719-6792



Introducción

La anticoagulación sistémica con heparina es imprescindible para realizar cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC), ya que la sangre entra en contacto con superficies no endoteliales y existe un riesgo inmediato de trombosis del circuito y fenómenos embólicos[1]. El método “point-of-care” más utilizado para monitorizar el efecto de la heparina es el tiempo de coagulación activado (ACT), una prueba de sangre total descrita por Hattersley en 1966 y adoptada por perfusionistas y anestesiólogos por su rapidez y sencillez[2].

Las guías clínicas actuales mantienen el ACT como referencia: el consenso EACTS / EACTAIC / EBCP 2024 recomienda alcanzar $ACT \geq 480$ segundos (seg) (rango 400-500 seg) antes de iniciar la CEC con circuitos sin recubrimiento, aunque recomienda que el valor umbral debe redefinirse cuando se cambia de analizador o de tipo de cartucho activador[1].

Esta necesidad de recalibrar objetivos deriva de la amplia variedad de dispositivos “point-of-care”, dentro de los cuales se encuentran distintos fabricantes; Hemochron (Response, Signature Elite), Hemostasia Management System Plus (HMS - Medtronic), Abbott i-STAT, Actalyke ACT Test System, entre otros, cada uno basado en reactivos o activadores (celita, caolín, sílice) con formulaciones específicas para mediciones bajo o alto rango (Low range/High range) y diferentes principios de detección (fotoóptico, electroquímica, electromecánica) [3],[4],[5],[6],[7],[8].

La literatura comparativa demuestra que los resultados entre equipos no son intercambiables[2],[3]. Estudios en adultos sometidos a CEC muestran, por ejemplo, que el Hemochron Response lee en promedio 56 seg más alto que el Hemochron Signature Elite durante la heparinización[9], mientras que series multicéntricas hallan que el i-STAT registra valores 9% superiores a los del Hemochron Jr en todos los tiempos de medición[10]. Investigaciones con comparaciones simultáneas de tres plataformas indican discrepancias que superan los 50 seg entre Signature Elite y HMS Plus, diferencias consideradas clínicamente relevantes al decidir dosis adicionales de heparina o la reversión con protamina[11].

Estas variaciones repercuten directamente sobre las decisiones intraoperatorias: un sesgo positivo puede inducir a infradosificar heparina y exponer al paciente a trombosis del circuito, mientras que un sesgo negativo puede llevar a sobreanticoagulación y aumentar el sangrado posoperatorio. De hecho, estudios recientes advierten de una pobre concordancia respecto a puntos de corte de seguridad (400-600 seg) cuando se emplean distintos analizadores en paralelo, evidenciando un déficit de reproducibilidad[3],[4].

Material y Método

Diseño del estudio y objetivo general

Se llevó a cabo una revisión cualitativa de la literatura disponible con el objetivo de realizar una síntesis de evidencia respecto al uso de los diferentes dispositivos de medición del ACT para monitoreo de anticoagulación intraoperatoria en cirugía cardíaca. La finalidad es exponer y evaluar de forma crítica la variabilidad de los equipos “point of care” utilizados y la even-

tual implicancia clínica.

Fuentes de información

Se realiza búsqueda bibliográfica en las siguientes bases de datos electrónicas:

- Pubmed (Medline).
- Embase.
- Scopus.
- SciElo.
- Google Scholar.
- Epistemonikos.
- Cochrane Library.

Estrategia búsqueda bibliográfica

En las fuentes señaladas, se realizaron búsquedas basadas en términos MeSH: “Whole Blood Coagulation Time” [MeSH] OR “Blood Coagulation Tests” [MeSH] OR “activated clotting time” [tiab] AND “Cardiopulmonary Bypass” [MeSH] OR “Extracorporeal Circulation” [MeSH] OR “cardiopulmonary bypass” [tiab] OR “CPB” [tiab] OR “extracorporeal” [tiab]) AND “Point-of-Care Testing” [MeSH] OR “Point-of-Care Systems” [MeSH] OR (“point-of-care” [tiab] OR “point of care”[tiab])), además de ajustes según cada base de datos. Se extendió la búsqueda de artículos entre enero de 2000 a julio de 2025 con restricción de idioma a español e inglés y estudios realizados en humanos.

Protocolo y selección de estudios

A partir de la búsqueda, se seleccionaron 18 artículos que corresponden a artículos prospectivos, observacionales y comparativos. Se analizaron en orden progresivo, títulos, resúmenes y revisión de cada artículo con la finalidad de dar cumplimiento a lo planteado.

En la Tabla 1 se resumen los artículos incluidos en la revisión, con algunas de sus características metodológicas (diseño, comparador, nivel de evidencia), además se resume el riesgo de sesgo mediante herramienta QUADAS-2.

Resultados

Fundamentos fisiológicos y farmacológicos de ACT

El ACT surgió en la década de 1960 como respuesta a la necesidad de una prueba de cabecera que confirmara en segundos una heparinización efectiva cuando la CEC se abrió paso en la cirugía cardíaca, y esa génesis histórica aún se recoge en comparaciones contemporáneas de dispositivos que subrayan su vigencia clínica[2],[3],[9].

Fisiológicamente, el ACT cuantifica el intervalo desde que la sangre entra en contacto con superficies activadoras aniónicas (celita, caolín o sílice), que ponen en marcha la vía intrínseca por contacto (activación secuencial de FXII → FXI → FIX y generación de trombina), hasta la formación de fibrina; este tiempo se prolonga porque la heparina acelera la acción de la antitrombina sobre trombina (IIa) y factor Xa, reduciendo la cinética del coágulo[8],[12]. En rangos de heparina altos, la relación dosis/respuesta del ACT tiende a mostrar una meseta,

Tabla 1. Estudios que evalúan el uso del tiempo de coagulación activado en cirugía cardíaca y los dispositivos de medición disponibles

Estudio	Diseño	Comparación	CEBM	Riesgo (QUADAS-2)
Hoffmann 2023 (Perfusión)	Prospectivo intra-CEC	Hemochron Response vs Signatura Elite	3b	Moderado
Li 2020 (Perfusión)	Prospectivo, paralelo (4 plataformas)	Hemochron vs HMS Plus / i-STAT / Abrazo	3b	Moderado
Lee 2018 (J1MR)	Prospectivo	Hemochron jr Signatura vs Medtronic ACT Plus	3b	Moderado
Dirkmann 2019 [BMC Anesth)	Prospectivo pareado intra-CEC	i-STAT (duplicados) vs Hemechron (duplicados)	3b	Moderado
Guzzetta 2010 (Anesth Analg)	Pediátrico, prospectivo	ACT múltiples vs anti-Xa	2b	Moderado
Falter 2018 OECT multicéntrico)	Multicéntrico, observacional	i-STAT vs Hemochron Jr	3b	Moderado
Aylsworth 2004 (Ann Thorac SUFE)	Prospectivo	Hemochron 802 vs Jr Signatura	3b	Moderado
Solis-Clavijo 2021 (Perfusión)	Observacional	Hemochron Signatura vs HMS Plus vs Response	3b	Moderado
Variabilidad ACT Cubeta 2021	Prospectivo (cateterismo)	Hemochron ACT-LR vs ACT+	3b	Moderado
Wehner 2020 (Clin Appl Thromb Hemost)	Ex-vivo + UCI (baja heparina)	i-STAT / anti-Xa / aPTT	2b	Moderado
Welsby 2002 (J Clin Monit Comput)	Prospectivo	Actalyke vs Hemochron (801/ Response)	3b	Moderado
Matte 2019 (JECT Pediatría)	Prospectivo de transición	Hemochron Response vs Signatura Elite	3b	Bajo-Moderado
Nilsson 2020 (JECTJ)	BSSKSSHI	HMS Plus vs i-STAT	3b	Moderado
Xaatai.2021 UBCTJ	Prospectivo	i-STAT vs ACT Plus (Medtronic)	3b	Moderado
Senzel 2013 (Point ofCare)	<i>In-vitro</i> + serie pequeña	Hemochron ACT-LR vs ACT+	4	Alto
Falter 2020 (J Cardiothorac Vasc Anesth)	Prospectivo	Hemochron / i-STAT vs anti-Xa	2b	Moderado
2022 ocv	Serie de	Hemochron ACT+ con heparina/ protamina	4	Alto
EACTS/EACTAIC/EBCP 2025 (Cuta)	Guía consenso	Contextuadas ACT/anti-Xa; umbrales 400- 500 \geq 480	5	-

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios incluidos en la revisión.

CEBM: Clasificación Oxford Centre for Evidence-Based Medicine 2011 (diagnóstico/monitorización; 2b: cohorte con referencia; 3b: comparativo sin referencia; 4: serie/in-vitro; 5: guía/consenso). Riesgo (QUADAS-2): evaluación global de sesgo (Bajo / Moderado / Alto).

mientras que en rangos bajos la contribución de heparina al alargamiento del tiempo es pequeña y puede quedar enmascarada por la variabilidad biológica y preanalítica (temperatura, hemodilución, hematocrito, función plaquetaria, calcio iónico, entre otros), de modo que el ACT se aproxima a valores basales aunque persista actividad anti-Xa medible[12],[13]. Por ello, cuando la concentración de heparina desciende a $\leq 0,1$ UI/mL el ACT pierde sensibilidad y deja de reflejar de forma fiable la actividad anti-Xa, como demostró la cohorte de pacientes UCI de Wehner et al[12].

En el extremo opuesto, durante CEC prolongada y con concentraciones de heparina > 6 UI/mL, el ACT entra en meseta: bolos adicionales ya no alargan el tiempo, fenómeno descrito por Nilsson et al., que incrementa el riesgo de infradosificación inadvertida si se confía solo en la cifra absoluta[13]. Este techo responde a la forma de medición del ACT, que usa un umbral de formación inicial de fibrina como punto final, de modo que, una vez superada cierta intensidad de anticoagulación, peque-

ños incrementos de heparina no se traducen en mayores demoras del punto final del coágulo[2],[12].

Desde la farmacología, la reversión con protamina tampoco está exenta de riesgos, ya que la neutralización depende de la estequiometría heparina/protamina y, cuando existe exceso de protamina libre, esta puede comportarse como un anticoagulante débil, de modo que el ACT puede re prolongarse pese a haberse revertido la heparina, en adultos esa sobrecorrección se ha asociado a sangrado posoperatorio, reforzando la necesidad de titular la dosis conforme al dispositivo y al momento fisiológico de la medición[14].

Aun con estas limitaciones, las directrices siguen respaldando el uso del ACT, el consenso STS/SCA/AmSECT 2018 y la guía EACTS/EACTAIC/EBCP 2024 mantienen un umbral de referencia ≥ 480 seg, con la salvedad de validarlo localmente y aceptar un rango 400-500 seg cuando se emplean circuitos recubiertos o mediciones de ACT de alto rango (high range), es decir, cartuchos y configuraciones diseñados para activar con

mucha intensidad la vía de contacto, de modo de ser útiles en altas concentraciones de heparina[1].

Dispositivos point of care: Características y variabilidad

El ecosistema "point-of-care" para ACT en cirugía cardíaca se compone de una variedad de analizadores con principios de detección y reactivos distintos, equipos desarrollados por distintas industrias, algunos de ellos corresponden a Hemochron (Response/Jr Signature/Signature Elite, detección fotoóptica con activadores basados en celite o combinaciones con kaolín/sílice), Abbott i-STAT (cartucho detección electroquímica con kaolín), Medtronic ACT Plus / HMS Plus (detección electromecánica y en el caso de HMS, opción de titulación de heparina), Helena Actalyke (electromecánico) y Helena Abrazo (medición combinada; opto-electromagnético), diferencias técnicas que condicionan el valor numérico reportado y su reproducibilidad en pabellón[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8]. En la Tabla 2, se detallan los distintos dispositivos de medición y sus principales características.

Al analizar la literatura, las plataformas modernas constituyen una fuente de variabilidad, porque cada una combina activadores y detectores distintos; esto explica sesgos como los

+56 seg registrados entre Hemochron Response y Hemochron Signature Elite durante la heparinización[9] y el 11% de discrepancia entre HMS Plus e i-STAT frente a Hemochron, comunicado por Li et al[3]. Incluso dentro de la misma marca, cambiar la cubeta (ACT-LR frente a ACT+/HR) desplaza el resultado 70-90 seg, efecto confirmado en cateterismo y neurointervención por los estudios de variabilidad de cubeta y por Senzel et al., respectivamente[7],[8].

En la familia de equipos Hemochron, el paso de Response a Signature Elite introduce cambios tanto de reactivo como de lectura lo que reducen fallas operativas pero también desplazan sistemáticamente el ACT, con sesgos promedios de +56 seg a favor de Response durante heparinización, lo que obliga a definir umbrales propios si se sustituye el equipo en procedimientos con CEC[9]. Este desfase es relevante desde la farmacología de la heparina, porque el ACT se define por un umbral de inicio de fibrina, por lo tanto, si se cambia el punto final y el activador, también cambia el valor absoluto que corresponde a la forma de medida de seguridad anticoagulante[12].

En un estudio prospectivo con cuatro plataformas en paralelo, se evidenciaron diferencias sistemáticas en los rangos críticos de CEC; HMS Plus arrojó valores más altos, mientras que i-STAT y Helena Abrazo fueron más bajos que Hemochron,

Tabla 2. Dispositivos para la medición del tiempo de coagulación activado y principales características técnicas

Dispositivo	Principio de detección	Activador principal	Volumen de muestra	Tiempo de análisis	Rango de medición	Precisión (CV)	Características especiales
Hemochron Responso	Óptico - mecánico	Cellta	~2,0 mL	2-8 min	80-999 seg	≤ 15%	Estándar histórico, requiere más volumen
Hemochron Jr	Óptico - mecánico	Cellta/Kaolín/Sílice	15 UL(1 gota)	2-8 min	80-999 seg	≤ 15%	Generación Intermedia, disparidades vs Responso
Hemochron Signatura Elite	Óptico - mecánico	Cellta/Kaolín/Sílice	15 UL(1 gota)	2-5 min	0-1.005 seg	≤ 21G%	Menor volumen, algoritmo propietario
Abbott i-STAT	Electroquímico	Kaolín	-0,5 mL	Hasta 16,7 min (1000 sag)	Hasta 1.000 seg	≤ 15%	Electroquímico, alta reproducibilidad intradispositivo
Medtronic ACT Plus	Electromecánico	Kaolín	-0,5 mL (dual channel)	2-8 min	0-999 seg	≤ 10%	Verificación dual channel
Medtronic HMS Plus	Electromecánico	Kaolín	-0.5 mL (dual channel)	2-8 min	0-999 seg	≤ 10%	Titulación heparina, cálculo protamina, gestión datos
Helena Actalyke	Electromecánico	Celta	-0,5 mL	2-8 min	80-999 seg	≤ 8%	Alta precisión duplicados, sesgo hacia valores bajos
Helena Abrazo	Combinado opto-electromagnético	No especificado	15uL (1 gota)	2 - 8 min (estimado)	No especificado	No especificado	Tecnología combinada opto-electromagnética

Fuente: elaboración propia a partir de fichas técnicas de los fabricantes y literatura publicada.

con una magnitud promedio de 10% - 13% que varió según el momento de la perfusión. Este patrón confirma que las plataformas no son intercambiables, reforzando la dependencia del reactivo - plataforma para el ACT reportado[3].

La reproducibilidad también es dependiente del dispositivo, en determinaciones pareadas a lo largo de la CEC, i-STAT mostró mayor concordancia intradispositivo y menos dispersiones extremas que Hemochron; este patrón se repitió en una serie multicéntrica, lo que sugiere una estabilidad de lectura superior del cartucho electroquímico en el intraoperatorio. Comparaciones previas intra-marca ya habían mostrado mediciones dispares entre Hemochron Jr y el Hemochron Response, reforzando que cambios de generación también obligan a revalidar umbrales. Esta diferencia es coherente con el procesamiento de señal propios de cada sistema, que condicionan el momento en que el analizador marca el umbral de inicio del coágulo[4],[10],[15].

En los equipos Medtronic, ACT Plus y HMS Plus comparten un principio de detección electromecánico, la diferencia es que HMS Plus añade titulación de heparina al lado del paciente. En comparaciones con i-STAT durante la CEC, HMS Plus reportó ACT sistemáticamente más altos y el resultado del ACT se asoció más con el hematocrito (menor hematocrito por hemodilución; ACT más prolongado) que con anti-Xa, evidenciando que variables fisiológicas del circuito pueden modular el número del ACT más allá de la dosis administrada y del efecto real de la heparina medido por anti-Xa[13]. Por su parte, en la familia Actalyke, la precisión de duplicados fue superior a la de Hemochron, pero tiende a dar lecturas más bajas, pudiendo llevar a administrar heparina adicional para alcanzar el umbral de 480 seg, pese a una anticoagulación ya adecuada[2].

Las variables fisiológicas influyen en la dispersión: un hematocrito < 25% tiende a prolongar artificialmente el ACT, como observaron Nilsson y colaboradores en circuitos diluidos[13], mientras que la hipotermia intraoperatoria prolonga el tiempo y la glicemia elevada tras hemodilución añade sesgo entre analizadores, dato señalado por Lee et al[5].

Tras la reversión de anticoagulación con protamina, los estudios comparativos muestran que las plataformas no retornan al mismo basal, aun con la heparina neutralizada, persisten desplazamientos sistemáticos entre equipos. Estas diferencias residuales pueden hacer que una reversión adecuada parezca insuficiente o en sentido opuesto, conducir a sobredosificar protamina si se importan umbrales de otro equipo. Por lo tanto, la evaluación de la reversión debe realizarse con el mismo analizador utilizado durante la CEC y con puntos de corte validados localmente[3],[10].

En pediatría, la aplicabilidad del ACT exige utilizarse con cautela, Hemochron Signature Elite facilitó la transición desde Response al requerir menor volumen de muestra y permitir equivalencias operativas (p. ej., Elite > 400 seg vs Response > 480 seg), sin embargo, inmediatamente tras el bolo de heparina la correlación ACT-anti-Xa puede ser limitada y mejora a medida que avanza el tiempo en CEC, en relación con la fase de distribución de la heparina y el efecto de la hemodilución en circuitos pediátricos. Por ello, cuando la decisión clínica sea crítica, conviene complementar el ACT con heparinometría o anti-Xa, cuando esté disponible[16],[17].

En condiciones de baja heparinización (UCl, procedimientos sin CEC), el ACT pierde sensibilidad, el tiempo medido queda sujeto a determinantes fisiológicos y preanalíticos como por

ejemplo; actividad de antitrombina, hematocrito, hemodilución, plaquetas y estados proinflamatorios, temperatura, de modo que su capacidad para reflejar el efecto real de la heparina es limitada. En este contexto, tanto i-STAT como Hemochron mostraron correlaciones pobres con anti-Xa y aPTT, recordando de que el ACT es, un ensayo diseñado principalmente para altos niveles de anticoagulación y que en rangos bajos ($\leq 0,1$ UI/mL), debe complementarse con pruebas específicas del efecto de heparina[12].

Por último, existen situaciones especiales donde la elección de cartucho es relevante: en deficiencia grave de factor XII, el uso de Hemochron ACT+ (HR) permitió monitorizar adecuadamente la respuesta a heparina y a protamina sin eventos trombóticos o hemorrágicos, mostrando que el mejor dispositivo es aquel que mejor se adapte al fenotipo hemostático del paciente[18].

En conjunto, la literatura apoya un principio operativo simple: seleccionar un analizador y mantenerlo consistente a lo largo del procedimiento, validar localmente los umbrales (incluido la cubeta o cartucho) y comprender cómo cada tecnología, fotoóptica, electroquímica o electromecánica, traslada diferencias fisicoquímicas del cartucho a números que modifican decisiones clínicas en tiempo real[3],[7],[8],[9].

La evidencia reunida concluye que el ACT continúa siendo la herramienta práctica por excelencia para monitorizar la heparinización durante la CEC, siempre que el equipo mantenga un único analizador a lo largo del procedimiento, recalibre sus puntos de corte cada vez que cambie de plataforma o reactivo y recurra a mediciones complementarias cuando existan hematocrito bajo, CEC prolongada, resistencia a la heparina o poblaciones pediátricas.

Discusión y aplicabilidad clínica

El objetivo fue sintetizar la evidencia sobre el ACT en CEC con foco en la variabilidad entre dispositivos/cartuchos y su impacto clínico. La lectura conjunta de guías y comparativos muestra que el ACT sigue siendo el pilar de la monitorización en CEC, pero su valor numérico es dependiente de plataforma y cartucho; por tanto, los umbrales deben validarse localmente y mantenerse constantes durante todo el procedimiento[1],[2],[3],[9],[11].

Al revisar la comparación entre plataformas de medición los estudios muestran en que no hay intercambiabilidad: por ejemplo, Hemochron Response lee +56 seg frente a Signature Elite durante la heparinización; en cambio, en un análisis a cuatro plataformas, HMS Plus leyó más alto e i-STAT/Abrazo más bajo que Hemochron, diferencias que persistieron postprotamina; y en un multicéntrico, i-STAT fue en promedio 9% mayor frente a Hemochron Jr en todos los tiempos. Se puede comprender que el sesgo depende del par comparado, lo que impide trasladar cortes entre equipos[3],[9],[10].

Desde el punto de vista de reproducibilidad de la medición del ACT, algunos sistemas muestran mejor repetibilidad en sus mediciones y menor dispersión, aportando mejor consistencia a la toma de decisiones[4],[10].

De acuerdo a la evidencia expuesta, al momento evaluar el resultado del ACT, debe considerarse las distintas condiciones fisiopatológicas que pueden influir en la medición, resultando

en ocasiones con tiempos más prolongados, por lo que cuando la decisión sea crítica, algunos estudios sugieren complementar con anti-Xa/heparinometría. Por otra parte, la reversión con protamina puede re prolongar el ACT al sobrecorregir, ante esto se debe evaluar la normalización de la coagulación durante todo el procedimiento con el mismo equipo, ayudando a no sobredosificar en la fase postprotamina[3],[5],[10],[12],[13],[14].

Desde un punto de vista práctico, conviene estandarizar un analizador y cartucho, validar localmente los umbrales para ese conjunto y documentar cualquier cambio, así las decisiones intraoperatorias se toman con mayor seguridad pese a la dependencia método y reactivo del ACT. Además, llevar un registro local de cambios y resultados ayuda a generar evidencia y a interpretar las discrepancias entre equipos[1],[3],[7].

Respecto a las limitaciones y propuestas futuras de esta revisión, existe un predominio de estudios de tipo observacional, con heterogeneidad de poblaciones y métodos, y poca conexión con *outcomes* clínicos relevantes, por lo que se necesitan estudios multicéntricos que permitan definir rangos por plataforma-cartucho, así como también buscar comparar la coagulación medida por ACT versus métodos que midan directamente el efecto de heparina (ej: anti factor Xa) y relacionarlo con eventos clínicos, de esta manera se estandaricen los reportes y se integren confusores fisiológicos de forma sistemática.

Conclusión

La evidencia sintetizada resume que el ACT sigue siendo el mejor aliado para vigilar la heparinización durante la CEC. Sin embargo, el número que se observa no es universal, ya que cambia con el dispositivo, el cartucho utilizado y con el estado fisiológico del paciente. Un simple cambio de analizador o de cartucho puede mover la lectura decenas de segundos y empujar el ACT por encima o por debajo de un umbral clínico para la toma de decisiones. Por eso conviene entender el ACT como el resultado de una ecuación método-reactivo-muestra, y no como un valor absoluto de anticoagulación. De ahí que las cifras no se puedan intercambiar entre equipos ni entre plataformas medidas en paralelo.

Referencias

1. Wahba A, Kunst G, De Somer F, Kildahl HA, Milne B, Kjellberg G, et al. 2024 EACTS/EACTAIC/EBCP Guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. Vol. 40, Interdisciplinary Cardiovascular and Thoracic Surgery. Oxford University Press; 2025.
2. JWelsby I, McDonnell E, El-Moalem H, Sta M, GTo J, Welsby JJ. ACTIVATED CLOTTING TIME SYSTEMS VARY IN PRECISION AND BIAS AND ARE NOT INTERCHANGEABLE WHEN FOLLOWING HEPARIN MANAGEMENT PROTOCOLS DURING CARDIOPULMONARY BYPASS. Vol. 17. J Clin Monit Comput. 2002.
3. Li H, Serrick C, Rao V, Yip PM. A comparative analysis of four activated clotting time measurement devices in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. Perfusion. 2021 Sep;36(6):610–9. <https://doi.org/10.1177/0267659120949351> PMID:32885714
4. Dirkmann D, Nagy E, Britten MW, Peters J. Point-of-care measurement of activated clotting time for cardiac surgery as measured by the Hemochron signature elite and the Abbott i-STAT: agreement, concordance, and clinical reliability. BMC Anesthesiol. 2019 Sep;19(1):174. <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0846-z> PMID:31492108
5. Lee JM, Park EY, Kim KM, Won JC, Jung TK, Lee SK. Comparison of activated clotting times measured using the Hemochron Jr. Signature and Medtronic ACT Plus during cardiopulmonary bypass with acute normovolemic haemodilution. J Int Med Res. 2018 Feb;46(2):873–82. <https://doi.org/10.1177/0300060517731952> PMID:28974132
6. Vranken NP, Theelen AJ, Orbons T, Barenbrug PJ, Weerwind PW. Amber; Theelen JAJ, Orbons T, Barenbrug PJC, Weerwind PW. Point-of-Care Measurement of Kaolin Activated Clotting Time during Cardiopulmonary Bypass: A Single Sample Comparison between ACT Plus and i-STAT. Vol. 53. J Extra Corpor Technol. 2021;53(1):57–61. <https://doi.org/10.1051/ject/202153057>.
7. Damián A, García L, Rodríguez Benítez T, Calderín Escobio P, Pérez García E, Martín PB, et al. Variabilidad en la medición del tiempo de coagulación activado según el tipo de cubeta utilizada.
8. Senzel L, Fiorella D, Woo HH, Gasparis A, Bock JL. Relationship of activated clotting time to heparin dose depends on the type of cuvette used with the hemochron signature elite. Point Care. 2013 Sep;12(3):150–2. <https://doi.org/10.1097/POC.0b013e3182a1a54c>.
9. Hoffmann RF, Horsten S, Mariani MA, de Vries AJ. Clinical monitoring of activated clotting time during cardiothoracic surgery: comparing the Hemochron® Response and Hemochron® Signature Elite. Perfusion. 2023 Mar;38(2):285–91. <https://doi.org/10.1177/02676591211049316> PMID:34596463
10. Falter F, Razzaq N, John M, Fassl J, Maurer M, Ewing S, et al. Clinical Evaluation of Measuring the ACT during Elective Cardiac Surgery with Two Different Devices. J Extra Corpor Technol. 2018 Mar;50(1):38–43. <https://doi.org/10.1051/ject/201850038> PMID:29559753
11. Solís Clavijo D, Cotano AO, Peña NA, Caballero Gálvez S, Arellano Núñez F, Carballo Caro JM, et al. Variability of three activated clotting time point-of-care systems in cardiac surgery: reinforcing available evidence. Perfusion. 2022 Oct;37(7):711–4. <https://doi.org/10.1177/02676591211023687> PMID:34109886
12. Wehner JE, Boehne M, David S, Brand K, Tiede A, Bikker R. Activated Clotting Time (ACT) for Monitoring of Low-Dose Heparin: Performance Characteristics in Healthy Adults and Critically Ill Patients. Clin Appl Thromb Hemost. 2020;26:1076029620975494. <https://doi.org/10.1177/1076029620975494> PMID:33350327
13. Nilsson S, Appelblad M, Svenmarker S. Can We Rely on the Activated Clotting Time to Measure Heparin Anticoagulation? A Clinical Evaluation of Two ACT Monitors. J Extra Corpor Technol. 2020 Sep;52(3):212–7. <https://doi.org/10.1051/ject/202052212> PMID:32981959
14. Falter F, MacDonald S, Matthews C, Kemna E, Cañameres J, Besser M. Evaluation of Point-of-Care ACT Coagulometers and Anti-Xa Activity During Cardiopulmonary Bypass. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2020 Nov;34(11):2921–7. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.06.027> PMID:32620484
15. Aylsworth CL, Stefan F, Woitas K, Rieger RH, LeBoutillier M 3rd, DiSesa VJ. New technology, old standards: disparate activated clotting time measurements by the Hemochron Jr compared with the standard Hemochron. Ann Thorac Surg. 2004 Mar;77(3):973–6. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(03\)01660-6](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(03)01660-6) PMID:14992909
16. Matte GS, Howe RJ, Ibla J, Emani S, Emani SM. Transition from

- Hemochron Response to Hemochron Signature Elite Activated Clotting Time Devices in a Congenital Cardiac Surgery Practice. *J Extra Corpor Technol.* 2019 Dec;51(4):221–6. <https://doi.org/10.1051/ject/201951221> PMID:31915405
17. Guzzetta NA, Monitz HG, Fernandez JD, Fazlollah TM, Knezevic A, Miller BE. Correlations between activated clotting time values and heparin concentration measurements in young infants undergoing cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg.* 2010 Jul;111(1):173–9. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181e13470> PMID:20519414
18. Erkinaro T, Moilanen J, Lahtinen J, Mosorin M, Savolainen ER. The Standard Point-of-Care Hemochron Jr. ACT+ Test in Monitoring Heparin Administration for Cardiopulmonary Bypass in Severe Factor XII Deficiency. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2022 Jul;36(7):2031–4. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.05.021> PMID:34130893