GRAVEDAD CERO: CUANDO EL IMPACTO DESAFÍA LA VIDA. INDICADORES DE SEVERIDAD EN CAÍDAS DE ALTURA

Zero gravity: when impact challenges life. Indicators of severioty in falls from a height

Autores: Mariano Joaquin Rivas Ruzo[1], Maria Eugenia Blessio[2]

RESUMEN

Las caídas de altura representan hasta el 30% de los ingresos por trauma grave, afectando principalmente a hombres jóvenes. A partir de los 2 metros, el impacto genera lesiones multisistémicas cuya gravedad depende de la suma de diferentes parámetros a considerar. Debido a que las escalas de triaje convencionales suelen ser insuficientes para este tipo de incidentes, esta investigación busca identificar predictores clínicos, metabólicos y anatómicos para mejorar la toma de decisiones y la supervivencia en el área de urgencias.

El estudio fue de carácter observacional y retrospectivo, analizando a 60 pacientes mayores de 15 años atendidos en el Hospital Municipal de Urgencias de Córdoba entre 2023 y 2025 tras caer desde más de 2 metros. Para determinar qué indicadores son más eficaces para predecir la mortalidad, se utilizó el análisis estadístico del Área Bajo la Curva ROC (AUC), permitiendo jerarquizar la utilidad de los marcadores en el manejo inicial.

Los resultados revelaron un predominio de pacientes masculinos de entre 35 y 64 años. Las caídas no intencionales desde alturas de 3 a 6 metros fueron la causa principal; el 74% presentó un ISS superior a 16, con grados de hemorragia I y II. Las áreas anatómicas más afectadas fueron el tórax y el cráneo.

Se identificó una mortalidad del 21,6% con dos escenarios claros: en caídas mayores a 9 metros, la muerte se asocia a falla sistémica y coagulopatía; en caídas menores a 3 metros, el riesgo aumenta por la edad avanzada e impactos cefálicos. El análisis determinó que el trastorno de la coagulación (RIN), el lactato y el estado neurológico (GCS) son los predictores más precisos al ingreso. Esta combinación, cuando los parámetros se encuentran alterados, constituye una tríada de mal pronóstico para los pacientes víctimas de caídas de altura admitidos en el área de emergencias.

En conclusión, resulta imperativa la creación de escalas de valoración específicas para pacientes que sufren caídas de altura, diferenciándose de las de trauma general. Dada la complejidad y multiplicidad de las variables que intervienen en su gravedad y mortalidad, este enfoque es fundamental para optimizar la calidad de atención y mejorar las tasas de supervivencia.

Palabras clave: caída, altura, indicadores, severidad.

SUMMARY

Falls from height represent up to 30% of hospital admissions for severe trauma, primarily affecting young men. From a height of 2 meters, the impact generates multisystem injuries with severity determined by the interaction of multiple parameters. Because conventional triage scales are often insufficient for these incidents, this research seeks to identify clinical, metabolic, and anatomical predictors to improve decision-making and survival in the emergency department.

This observational, retrospective study analyzed 60 patients aged 15 and older treated at the Córdoba Municipal Emergency Hospital between 2023 and 2025 following a fall from height of more than 2 meters. To determine the most effective indicators for predicting mortality, a statistical analysis of the Area Under the Receiver Operating Characteristic (AUC) curve was used, allowing for the ranking of marker utility during initial management.

The results revealed a predominance of male patients between 35 and 64 years of age. Unintentional falls from 3 to 6 meters were the leading cause of injury; 74% of patients presented an Injury Severity Score (ISS) greater than 16, with Grade I and II hemorrhage. The most affected anatomical areas were the thorax and cranium.

A mortality rate of 21.6% was identified, with two distinct scenarios: in falls exceeding 9 meters, death is associated with systemic failure and coagulopathy; in falls under 3 meters, risk increases due to advanced age and head impacts. Analysis identified coagulation disorders (INR), lactate levels, and neurological status (GCS) as the most accurate predictors upon admission. When altered, this combination constitutes a triad of poor prognosis for fall-from-height patients in the emergency department.

In conclusion, it is imperative to develop specific assessment scales for patients suffering from falls

1. Residente de Medicina de Emergencias, Depto. De Clínica Médica. Área de Emergencias. Hospital Municipal de Urgencias. Córdoba, Argentina
2. Médica especialista en Medicina de Emergencias, Depto. De Clínica Médica. Área de Emergencias. Hospital Municipal de Urgencias

Municipal de Urgencias, Córdoba, Argentina.
Depto. de Clínica Médica. Área de Emergencias
Hospital Municipal de Urgencias, Córdoba, Argentina.
Catamarca 441. C.P.5000. Argentina
Te: (0351-4276200)

from height, distinct from those used for general trauma. Given the complexity and multivariate nature of factors influencing severity and mortality, this approach is fundamental to optimizing quality of care and improving survival rates.
Keywords: fall, height, indicators, severity.

Introducción

En la medicina de emergencias y trauma, la caída de altura en adultos se define como la precipitación desde un nivel superior al plano de sustentación, habitualmente mayor a 2 metros. A partir de este umbral, la aceleración gravitacional genera una energía cinética capaz de producir lesiones multisistémicas graves. Operativamente se clasifican en: baja altura (<3 m), vinculadas a fracturas de extremidades; altura moderada (3–5,9 m), con mayor incidencia de trauma de tronco; gran altura (6–8,9 m), con elevado riesgo de daño orgánico; y altura crítica (≥9 m), donde la energía transferida alcanza la dosis letal 50 (LD50), asociándose a compromiso de grandes vasos y una notable reducción de la supervivencia (5).
A nivel mundial, las caídas constituyen la segunda causa de muerte por lesiones no intencionales, registrando unas 684.000 defunciones anuales (13). En Argentina, las causas externas explican más del 50% de los fallecimientos en mayores de 15 años. Las caídas de altura representan entre el 20% y el 30% de los ingresos por trauma grave en centros de alta complejidad (9). En Córdoba, esta tendencia se mantiene sostenida.
El perfil epidemiológico muestra un claro predominio masculino (aproximadamente 82% de los casos fatales). El rango etario más afectado abarca a adultos jóvenes y de mediana edad (19 a 60 años), franja expuesta a riesgos en la construcción e industrias (2). En el subgrupo de 15 a 19 años, la mortalidad por causas externas alcanza el 62,6% en varones frente al 38,8% en mujeres (9). Además, la intencionalidad determina el pronóstico: las caídas fortuitas presentan una mortalidad cercana al 5,2%, mientras que en los intentos suicidas la letalidad asciende al 20,4% debido a mayores alturas y superficies rígidas de impacto (10).
La altura de precipitación es el determinante primordial de la gravedad, pues la energía transferida aumenta exponencialmente con la distancia. Caídas mayores a 6 metros marcan un umbral de lesiones críticas y alturas superiores a 12–15 metros se asocian a una mortalidad cercana al 50% (2,5). La posición de aterrizaje (landing position) es el segundo factor clave: el impacto cefálico o lateral traslada la desaceleración directamente a órganos vitales y al esqueleto axial. En impactos mixtos, la elevada energía genera desaceleraciones masivas y lesiones por cizallamiento (5,14).
La edad influye decisivamente al condicionar la reserva fisiológica y comorbilidades, incrementando las complicaciones sistémicas y la muerte intrahospitalaria ante una misma energía de impacto (14). En la evaluación hemodinámica inicial, el Índice de Shock (IS) supera a la presión arterial sistólica aislada para detectar shock compensado (3). Se complementa con marcadores metabólicos de hipoperfusión tisular como el lactato sérico y el exceso de base (EB), los cuales reflejan la deuda celular de oxígeno.
La gravedad anatómica global se cuantifica mediante el Injury Severity Score (ISS). El traumatismo craneoencefálico y el trauma pelviano son los principales determinantes de desenlaces fatales. Por último, la coagulopatía traumática (evaluada mediante el RIN) y el screening toxicológico representan variables modificadoras esenciales (2,14).
A pesar de esta elevada morbimortalidad, no existen escalas de triaje específicas para caídas de altura. Las herramientas convencionales (ISS, RTS) diseñadas para trauma general resultan insuficientes. Por ello, este trabajo busca identificar los predictores clínicos, metabólicos y anatómicos de mayor valor pronóstico en el Shock Room para optimizar la estratificación de riesgo y la supervivencia.

Objetivos

General

Determinar los principales predictores clínicos, metabólicos y anatómicos de gravedad y mortalidad en pacientes mayores de 15 años víctimas de caídas de altura atendidos en la unidad de Shock Room.

Específicos

- Detallar el perfil demográfico (edad y sexo) y las condiciones cinemáticas del trauma (altura estimada e intencionalidad).
- Registrar el estado hemodinámico y metabólico al ingreso mediante el Índice de Shock, lactato sérico y exceso de base.
- Identificar las regiones corporales comprometidas y la severidad anatómica global por ISS según el punto de impacto (cefálica, de pie, lateral o mixta).
- Describir el perfil de coagulación (RIN) y el screening toxicológico en la admisión del paciente.

Material y Métodos

Estudio observacional, descriptivo y retrospectivo sobre pacientes mayores de 15 años víctimas de caídas de altura (>2 metros) ingresados con signos de vida al Shock Room del Hospital Municipal de Urgencias de Córdoba entre enero de 2023 y diciembre de 2025.

Criterios de Inclusión:

- Pacientes de ambos sexos mayores de 15 años.
- Mecanismo de trauma por caída de altura superior a 2 metros.
- Ingreso con signos de vida al Shock Room.

• Disponibilidad de registro de historia clínica con datos de laboratorio inicial e imágenes.

Criterios de Exclusión:
• Pacientes que ingresaron en óbito (sin signos vitales confirmados al momento del ingreso).
• Caídas de propia altura o desde el mismo nivel de sustentación.
• Historias clínicas con registros incompletos.

Variables:
• Variables demográficas y del mecanismo: Edad, sexo, altura de la caída (metros o niveles), intencionalidad (fortuita o intencional) y región del impacto (cefálica, de pie, lateral o mixta).
• Variables clínicas al ingreso: Índice de Shock y Escala de Coma de Glasgow.
• Variables metabólicas y de laboratorio: Lactato sérico, exceso de base, RIN (estado de coagulación) y resultado del screening toxicológico (sustancia detectada).
• Variables anatómicas y de gravedad: Regiones corporales afectadas (cráneo, tórax, abdomen y pelvis, extremidades), puntaje del Injury Severity Score (ISS) y condición de egreso (vivo o fallecido).

Recolección de datos y análisis estadístico:
Se utilizó una base digital diseñada para el estudio, donde se integró la información proveniente de las historias clínicas electrónicas, registros de enfermería, reportes de laboratorio e imágenes tomográficas. Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva (medias, rangos y frecuencias). Para el análisis de las regiones anatómicas comprometidas se realizó un estudio de frecuencias múltiples con n=60. Para jerarquizar la utilidad clínica y capacidad discriminativa de cada variable respecto a la mortalidad, se calculó el Área Bajo la Curva ROC (AUC).

Resultados

Se incluyeron un total de 60 pacientes (n=60). La distribución por sexo mostró un marcado predominio masculino con 55 casos (92%), frente a 5 casos femeninos (8%). La edad media de la muestra fue de 45,3 años (rango: 20 a 75 años). El grupo de 55 a 64 años fue el más afectado (25%, n=15), seguido por los rangos de 35 a 44 y 45 a 54 años (20% cada uno) (Figura 1).

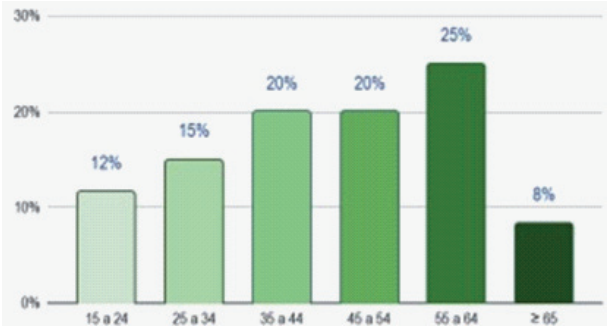


Figura 1: distribución etaria.

Las caídas no intencionales representaron el 82% (n=49). La altura promedio de caída fue de 6,40 metros (rango: 2 a 24 m). Al estratificar, el 40% (n=24) correspondió a altura moderada (3-5 m) y el 25% (n=15) a altura crítica (≥9 m) (Figura 2).

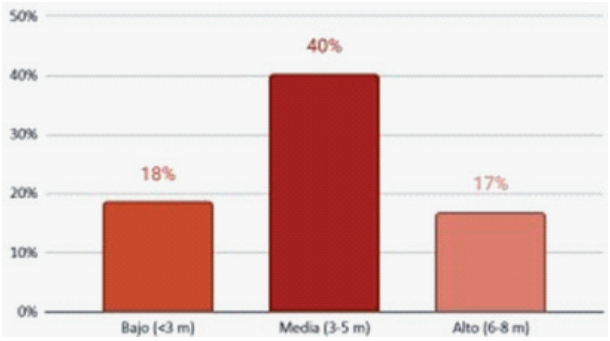


Figura 2: distribución según la altura de la caída.

En la cinemática de impacto predominaron las zonas mixta (37%, n=22) y lateral (32%, n=19) (Figura 3). Las regiones anatómicas más lesionadas fueron el tórax (62%, n=37) y cabeza y cuello (60%, n=36) (Figura 4).

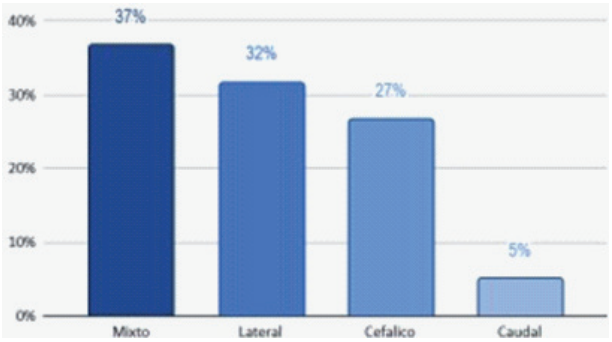


Figura 3: distribución según la cinemática del impacto inicial.

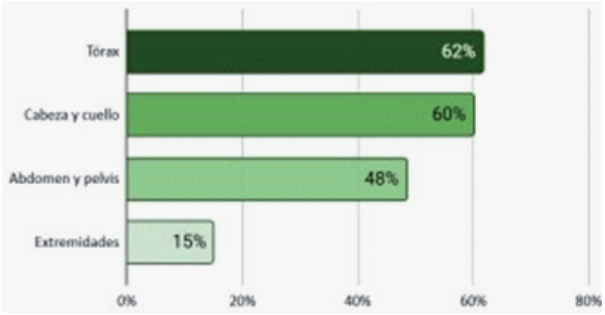


Figura 4: distribución de lesiones por región anatómica.

El ISS medio fue de 21,5 puntos, correspondiendo un 47% (n=28) a la categoría severa (ISS 25-49) y 27% (n=16) a la categoría grave (ISS 16-24) (Figura 5). El GCS medio inicial fue de 11,3 puntos (60% leve [≥14] y 32% grave [≤8]) (Figura 6).

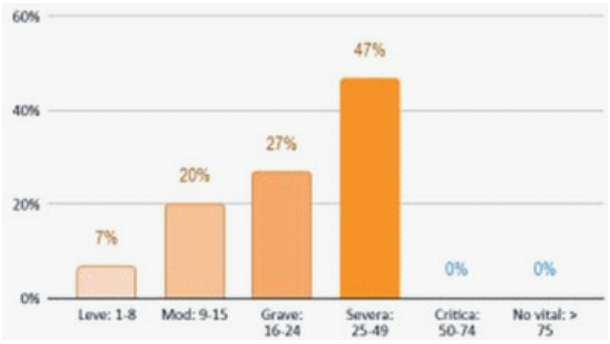


Figura 5: distribución según ISS.

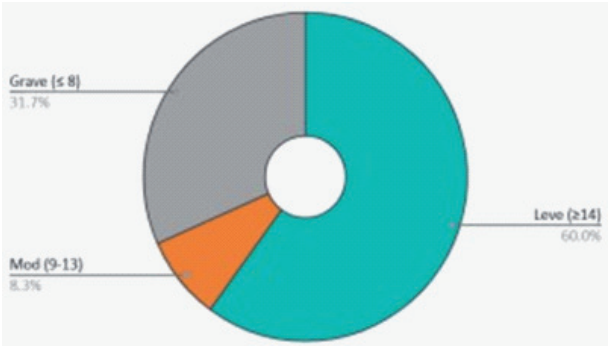


Figura 6: distribución según GCS.

Los parámetros de laboratorio mostraron un lactato promedio de 3,24 mmol/L y un exceso de base de -5 mEq/L. El Índice de Shock y el Exceso de Base clasificaron a la mayoría en grado de hemorragia II (72% y 53%), mientras el ácido láctico encuadró a la mayoría en grado I (45%) (Figura 7).

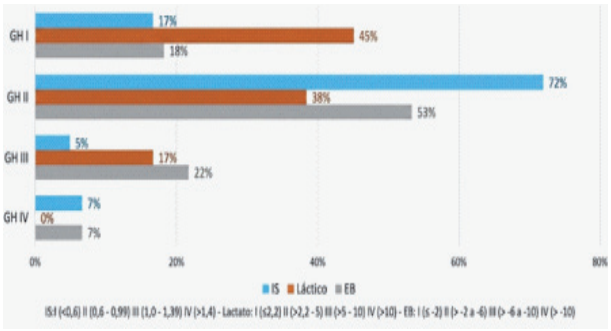


Figura 7: distribución según grado de hemorragia (GH).

El RIN promedio fue de 1,29, siendo normal en el 58% de los casos (n=35) y registrando coagulopatía leve en el 28% (n=17) (Figura 8).

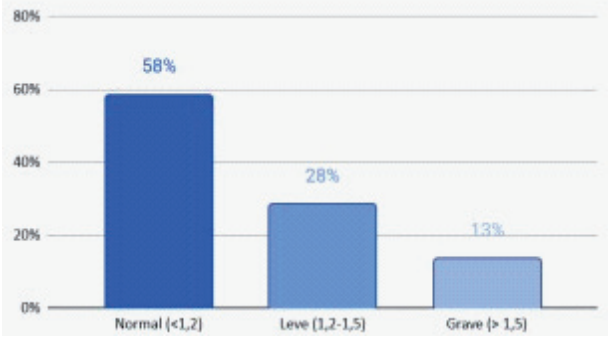


Figura 8: distribución según RIN.

El screening toxicológico (disponible en n=39) resultó positivo en el 77% (n=30), con un 50% de policonsumo. Las sustancias prevalentes fueron cocaína (48,7%), alcohol (43,6%) y cannabis (30,8%).

Análisis de mortalidad (Tabla 1 y figura 9):
Se registraron 13 óbitos (21,6%), con un 92,3% de varones. Se observó una correlación directa entre edad e incidencia de óbito (0% en 15-24 años vs 60% en ≥65 años). Las caídas no intencionales presentaron una mortalidad del 24,5% frente al 9,1% en eventos autolíticos (AUC: 0,58).

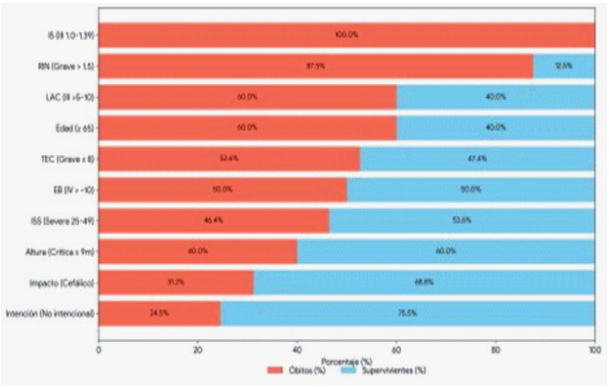


Figura 9: muestra de indicadores según mortalidad y supervivencia (categorías más afectadas).

Por magnitud física, la frecuencia de óbito fue máxima en la altura crítica (≥9 m) con un 40% (AUC: 0,72). El impacto cefálico registró la mayor letalidad (31,2%). El ISS promedio en fallecidos fue de 27,46 puntos (vs 20,1 en sobrevivientes; AUC: 0,78). El GCS promedio en óbitos fue de 6,92 (mortalidad del 52,6% en TEC Grave; AUC: 0,84).
Los fallecidos presentaron promedios de IS de 0,95, EB de -6,43 y Lactato de 5,07 mmol/L (vs 0,71, -4,58 y 2,73 en sobrevivientes). La mortalidad alcanzó el 100% en IS Grado III y el 60% en Lactato Grado III (AUC: 0,86). El RIN evidenció la asociación más crítica: promedio de 1,85 en fallecidos (vs 1,14), con una mortalidad del 87,5% en la categoría Grave (AUC: 0,91).
Al analizar la interacción con la altura en los 13 óbitos, se identificaron dos perfiles (Figura 10): en la altura crítica (≥9 m) el 100% presentó ISS Severo y el 83% coagulopatía (RIN >1,2); en las precipitaciones de baja altura (<3 m), el 66% pertenecía al grupo de ≥65 años y el 100% sufrió un impacto cefálico.

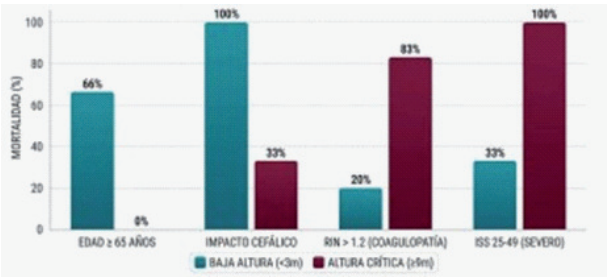


Figura 10: variación de los determinantes de mortalidad según la combinación con el nivel de altura.

TABLA 1: Comparación de indicadores según desenlace

Edad (AUC 0.65)	Óbitos	Altas
15 a 24	0%	**100%**
25 a 34	33,30%	66,70%
35 a 44	8,30%	91,70%
45 a 54	16,60%	83,40%
55 a 64	26,60%	73,40%
≥ 65	60%	40%

ISS (AUC 0.78)	Óbitos	Altas
Leve: 1-8	0%	**100%**
Mod: 9-15	8,30%	91,70%
Grave: 16-24	6,20%	93,80%
Severa: 25-49	46,40%	53,60%
Crítica: 50-74	0%	**100%**
No vital: > 75	0%	**100%**

Altura (AUC 0.72)	Óbitos	Altas
Bajo (< 3 m)	27,20%	72,80%
Media (3-5 m)	12,50%	87,50%
Alto (6-8 m)	10%	90%
Crítica (≥ 9 m)	40%	60%

Impacto (AUC 0.68)	Óbitos	Altas
Caudal	0%	**100%**
Cefálico	31,20%	68,80%
Lateral	15,80%	84,20%
Mixto	22,70%	77,30%

TEC (AUC 0.84)	Óbitos	Altas
Leve (≥ 14)	5,50%	94,50%
Mod (9-13)	20%	80%
Grave (≤ 8)	52,60%	47,40%

RIN (AUC 0.91)	Óbitos	Altas
Normal (< 1,2)	5,70%	94,30%
Leve (1,2-1,5)	23,50%	76,50%
Grave (> 1,5)	87,50%	12,50%

Intención (AUC 0.58)	Óbitos	Altas
No intencional	24,50%	75,50%
Autolítico	9,10%	90,90%

Lac (AUC 0.86)	Óbitos	Altas
I (≤ 2,2)	11,10%	88,90%
II (> 2,2 - 5)	17,40%	82,60%
III (> 5 - 10)	60%	40%
IV (> 10)	0%	**100%**

EB (AUC 0.70)	Óbitos	Altas
I (≤ -2)	18,20%	81,80%
II (> -2 a -6)	12,50%	87,50%
III (> -6 a -10)	38,50%	61,50%
IV (> -10)	50%	50%

IS (AUC 0.75)	Óbitos	Altas
I (< 0,6)	20%	80%
II (0,6 - 0,99)	14%	86%
III (1,0 - 1,39)	**100%**	0%
IV (> 1,4)	50%	50%

Discusión

Los resultados muestran una clara prevalencia masculina, consistente con la literatura (8). Sin embargo, la distribución etaria se desplazó hacia la quinta y sexta década de vida, sugiriendo una mayor relación con incidentes domésticos y laborales informales en personas con mayor carga de comorbilidades y fragilidad fisiológica.

Predominaron los eventos no intencionales y el rango de altura de 3 a 5 metros (40%) (5,8). El umbral de 9 metros se consolidó como crítico (40% de mortalidad), coincidiendo con la Altura Letal 50 (AL50) establecida entre los 9 y 12 metros.

En la distribución lesional, el tórax fue la zona más afectada, contrastando con la bibliografía que destaca la región cefálica (8). Esto se explica por la exclusión de pacientes pediátricos en nuestra muestra. La severidad anatómica (ISS medio 21,5) fue superior a lo reportado por otros autores (6,8), reflejando eventos de mayor transferencia de energía.

El perfil metabólico al ingreso (lactato 3,24 mmol/L, EB -5 mEq/L) evidenció parámetros alterados en concordancia con caídas de alta energía. La disociación observada entre marcadores refleja el concepto de 'shock oculto' (3,5), donde un lactato normal inicial no excluye deuda de oxígeno, pero su elevación representa un indicador inequívoco de riesgo vital.

El RIN (>1,5), el Lactato (>5 mmol/L) y el GCS (≤8) se consolidaron como los predictores de mayor potencia (AUC 0,91, 0,86 y 0,84, respectivamente) (3,4). Esto confirma que la coagulopatía precoz y la hipoperfusión celular poseen mayor capacidad discriminatoria respecto a la mortalidad que la cinemática o la anatomía aislada.

Finalmente, la identificación de dos perfiles de mortalidad claramente diferenciados (falla sistémica en caídas ≥9 m vs fragilidad e impacto cefálico en caídas <3 m) subraya la insuficiencia de las escalas universales de trauma general (11,14). Se evidencia la necesidad de contar con modelos predictivos propios que integren la interacción entre la energía del impacto y la fragilidad biológica.

Conclusión

El presente estudio permite concluir que la altura de la caída cobra su verdadero valor pronóstico al integrarse con el resto de los parámetros clínicos y metabólicos evaluados. Las precipitaciones de baja altura no deben ser desestimadas, especialmente en adultos mayores o ante impactos cefálicos.

Ante la falta de escalas específicas para caídas de altura, se propone la tríada de RIN (>1,5), Lactato (>5 mmol/L) y GCS (≤8) como indicador clave de mal pronóstico inmediato. Su evaluación rápida permite una estratificación objetiva al ingreso para guiar la toma de decisiones en el área de emergencias.

En el trauma por caída de altura, la precipitación es inevitable, pero la muerte no. Entender esta tríada

es lo que permite que, incluso allí donde el impacto desafía la vida, la medicina logre evitar la fatalidad.

Bibliografía

1. *Al-Thani, H., Jabbour, G., El-Menyar, A., Abdelrahman, H., Peralta, R., y Asim, M. (2021). Describing the patterns of injuries and outcomes in patients with fall from height: A retrospective study. Scientific Reports, 11(1), 1-10. https://doi.org/10.1038/s41598-021-88017-6*
2. *Beacher, N. J., y Levitan, A. C. (2019). The Shock Index: A useful predictor of outcome in trauma patients. The Journal of Emergency Medicine, 57(5), 654-660.*
3. *Casali, M. B., Mobilia, F., Rosati, E., y Genovese, U. (2014). Falling from heights: A forensic and trauma-related analysis. Journal of Forensic Sciences, 59(3), 666-672.*
4. *Ministerio de Salud de la Nación. (2023). Mortalidad adolescente: análisis de las causas externas. Dirección de Estadísticas e Información de la Salud (DEIS).*
5. *Rau, C. S., Wu, S. C., Chen, Y. C., Chien, P. C., Hsieh, H. Y., y Hsieh, C. H. (2020). Higher mortality of patients who attempted suicide by jumping from a height. Journal of Clinical Medicine, 9(10), 3175.*
6. *World Health Organization. (2021). Falls: Fact Sheet. WHO.*
7. *Zhu, B., He, P., y Xu, C. (2023). Predictors of mortality and injury severity in falls from height: A systematic review. Trauma & Care, 3(2), 115-128.*
8. *Mekkodathil, A., El-Menyar, A., Kanbar, A., Hakim, S., Ahmed, K., Siddiqui, T., y Al-Thani, H. (2020). Epidemiological and clinical characteristics of fall-related injuries: A retrospective study. BMC Public Health. 2020 Jul 29;20(1):1186. doi: 10.1186/s12889-020-09268-2.*
9. *Fujii, M., Shirakawa, T., Nakamura, M., Baba, M., e Hitosugi, M. (2021). Factors Influencing the Injury Severity Score and the Probability of Survival in Patients Who Fell From Height. Journal of Clinical Medicine, 10(1). PMID: 34330987 PMCID: PMC8324820 DOI: 10.1038/s41598-021-95226-w*
10. *Abramson, D., Scalea, T. M., Hitchcock, R., Shah, N. K., y Rivkind, A. I. (1993). Lactate clearance and survival following injury. J Trauma.1993 Oct;35(4):584-8; discussion 588-9. doi: 10.1097/00005373-199310000-00014*
11. *Brohi, K., Singh, J., Heron, M., y Coats, T. (2003). Acute traumatic coagulopathy. J Trauma, 54(6), 1127-113. PMID: 12813333 DOI: 10.1097/01.TA.0000069184.82147.06*
12. *Mattox, K. L., Moore, E. E., y Feliciano, D. V. (2020). Trauma (9.ª ed.). McGraw-Hill Education.*
13. *Rotondo, M. F., y Schwab, C. W. (1993). "Damage control": An approach for improved survival in penetrating abdominal trauma. J Trauma. 1993 Sep;35(3):375-82; discussion 382-3. PMID: 8371295*
14. *Teh, E. N., Sivasankar, S., Thivakar, R., & Pye, Q. (2014). Predicting survival in falls from height: The role of age and injury severity. J Trauma, 76(2), 454–458.*