



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
STAR MEDICA: HOSPITAL INFANTIL PRIVADO

**CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS, EPIDEMIOLÓGICAS Y
ENDOSCÓPICAS DE PACIENTES PEDIÁTRICOS CON
INGESTA DE BATERIAS DE BOTÓN**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL
GRADO DE ESPECIALISTA EN:
PEDIATRIA

PRESENTA:
Saraid Ichel Silva Fernández

TUTOR DE TESIS:
Dra. Josefina Monserrat Cázares Méndez



CIUDAD DE MEXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

1. Introducción.....	3
1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Generalidades del consumo de baterías en pacientes pediátricos.....	3
1.1.2. Neurodesarrollo del infante y exploración oral	6
1.1.3. Epidemiología de la ingesta de baterías en población pediátrica.....	8
1.1.4. Fisiopatología de lesión por baterías.....	9
1.1.5. Impacto socioeconómico y en salud	13
1.1.6. Diagnóstico	14
1.1.7. Manejo.....	16
1.2. Justificación	20
2. Planteamiento del problema	21
3. Pregunta de investigación	21
4. Hipótesis	21
5. Objetivos.....	21
5.1. Objetivo General	21
5.2. Objetivos Específicos	22
6. Metodología	22
6.1. Sitio del estudio	22
6.2. Población del estudio	22
6.3. Tipo de estudio	22
6.4. Características del estudio	22
6.4. Criterios de selección	22
6.4.1 Criterios de inclusión	22
6.4.2. Criterios de exclusión	23
6.4.3 Criterios de eliminación	23
6.5 Tamaño de la muestra.....	23
6.6. Descripción operativa del estudio	23
6.7. Descripción de las variables	24
6.8. Análisis estadístico	26
7. Resultados	28
8. Discusión.....	36
9. Conclusión	38

1. Introducción

1.1. Marco teórico

1.1.1. Generalidades del consumo de baterías en pacientes pediátricos

1.1.1.1. Definición y clasificación de las baterías

Las baterías, también conocidas como pilas, son dispositivos electroquímicos que almacenan energía y la liberan en forma de electricidad. Las baterías se pueden clasificar de varias formas según diferentes criterios (Arora & Zhang, 2004; Linden & Reddy, 2011; Winter & Brodd, 2004).

Según el tipo de electrolito:

- Baterías de electrolito líquido: Utilizan un electrolito líquido para permitir la transferencia de iones.
- Baterías de electrolito sólido: Emplean un electrolito sólido en lugar de líquido, lo que ofrece ventajas en términos de seguridad y densidad energética.

Según el tipo de reactivo químico:

- Baterías de plomo-ácido
- Baterías de iones de litio
- Baterías alcalinas (Zinc-Dióxido de Manganeso)
- Baterías de níquel-cadmio (NiCd)
- Baterías de níquel-metal hidruro (NiMH)

Según la función esperada:

- Baterías primarias: Diseñadas para un solo uso y no recargables.
- Baterías secundarias: Recargables, lo que permite su uso repetido mediante la carga y descarga.

En el contexto médico las baterías de botón son las de mayor relevancia, por ser las más comúnmente ingeridas por su pequeño tamaño y forma. Generalmente se clasifican dentro de las baterías primarias. Suelen estar compuestas por un electrolito líquido y utilizan diferentes combinaciones de reactivos químicos, siendo los más comunes el óxido de plata (AgO), litio (Li), zinc-aire (Zn-Aire), entre otras (Kiefer et al., 2023).

1.1.1.2. Generalidades de las baterías

Una batería consta de una o más celdas, cada una de las cuales incluye un ánodo (electrodo negativo) y un cátodo (electrodo positivo), separadas entre sí; y un electrólito. Estos electrodos son los conductores de electricidad los cuales están en contacto con el electrólito, una sustancia que permite el flujo de carga eléctrica. El electrólito puede ser líquido, sólido o en una forma de gel, y su composición varía dependiendo del tipo de batería. Algunos ejemplos comunes de electrolitos incluyen cloruro de sodio (NaCl), ácido clorhídrico (HCl), sulfato de magnesio (MgSO₄), ácido acético (CH₃COOH) y hidróxido de potasio (KOH) (Linden & Reddy, 2011).

La generación de electricidad en una batería se produce mediante reacciones de oxidación-reducción (redox). En estas reacciones, los electrones se transfieren del ánodo al cátodo. En el ánodo, se produce una reacción de oxidación, donde los electrones se liberan. Estos electrones luego fluyen hacia el cátodo, donde se produce una reacción de reducción y los electrones son ganados (Dondelinger, 2004).

Por ejemplo, en una batería alcalina, el ánodo de zinc se oxida, liberando electrones y formando iones de zinc. Estos electrones fluyen a través del circuito externo hacia el cátodo de dióxido de manganeso, donde se produce la reducción y se forman iones de manganeso. El electrólito, que es una solución de hidróxido de potasio, permite el movimiento de los iones para mantener la neutralidad de la carga en la batería (Janik et al., 1982).

En el caso de las baterías de litio, la reacción redox involucra la migración de iones de litio desde el ánodo de grafito (donde el litio se oxida) al cátodo de óxidos metálicos (donde el litio se reduce). La reacción de oxidación de las baterías de litio es especialmente vigorosa, y el hidróxido de litio formado es extremadamente cáustico, lo que puede causar graves daños en caso de ingestión (Liu et al., 2021).

Las baterías, según su composición química, pueden tener diferentes niveles de pH. Por ejemplo, las baterías de ácido-plomo, que se utilizan comúnmente en los automóviles, tienen un pH extremadamente ácido, generalmente alrededor de 1 a 2 debido al ácido sulfúrico que contienen. Por otro lado, las baterías alcalinas, que son las que se utilizan más comúnmente en los dispositivos electrónicos portátiles, tienen un pH alcalino, generalmente alrededor de 12-14. Las baterías de litio, que se utilizan en una variedad de dispositivos electrónicos modernos, desde teléfonos móviles hasta coches eléctricos, también tienden a tener un pH alcalino, aunque este puede variar dependiendo de la composición específica de la batería, variando de 8 a 12, según el tipo específico de electrolito de litio utilizado (Bauer et al., 2019; Yang et al., 2023).

1.1.1.3. Anatomía del tracto gastrointestinal

El tracto gastrointestinal (GI) es un sistema tubular continuo que permite la digestión de los alimentos y la absorción de nutrientes y agua. Este sistema se extiende desde la cavidad oral hasta el ano y consta de diversas secciones con funciones y características específicas.

Como se comentó previamente, el tracto GI comienza en la cavidad oral, donde la ingesta de alimentos ocurre inicialmente a través de la masticación. El siguiente paso en el sistema GI es la faringe, un conducto muscular que transporta la comida desde la parte posterior de la boca hasta el esófago (Eliason et al., 2017).

El esófago es un tubo muscular largo que conecta la faringe con el estómago. En el caso de la ingestión de baterías, el esófago es un lugar común de impacto, especialmente en los niños. Debido a su diámetro relativamente estrecho y a la presencia de estrecheces naturales a lo largo de su trayecto, las baterías pueden quedar atascadas, liberando sus componentes químicos, lo que puede resultar en daño tisular significativo si no se maneja rápidamente.

El estómago es un órgano en forma de bolsa que está diseñado para la mezcla y digestión de los alimentos. Las baterías que logran pasar a través del esófago a menudo pueden pasar a través del resto del sistema gastrointestinal sin causar daño adicional, aunque hay casos documentados de baterías que causan perforaciones gástricas.

Después del estómago, el alimento parcialmente digerido entra en el intestino delgado, que consta de tres secciones: el duodeno, el yeyuno y el íleon. Aunque es menos común, las bacterias pueden causar obstrucciones o perforaciones en estas áreas también. Finalmente, el intestino grueso, que incluye el colon y el recto, absorbe el agua restante y almacena los residuos antes de la eliminación a través del ano (Moore et al., 2014).

1.1.1.4. Generalidades de la deglución

La deglución es un proceso complejo que implica la coordinación de varias estructuras anatómicas, incluyendo los músculos y nervios de la boca, faringe y esófago. Se divide en tres etapas: la fase oral, la fase faríngea y la fase esofágica. La fase oral implica la masticación y la formación del bolo alimenticio en la boca, la fase faríngea implica el paso del bolo alimenticio a través de la faringe hacia el esófago, y la fase esofágica es el paso del bolo a través del esófago hacia el estómago (Matsuo & Palmer, 2008).

Las bacterias, especialmente las pequeñas de botón pueden ser fácilmente deglutidas. El daño puede comenzar tan pronto como la bacteria entra en contacto con los tejidos húmedos de la boca y la faringe, sin embargo, por su tamaño y tiempo de estancia, es más común que afecten el esófago, donde el tránsito suele ser más lento (Logemann, 1988).

1.1.2. Neurodesarrollo del infante y exploración oral

La etapa infantil es un período de rápido desarrollo y cambio, especialmente en términos de desarrollo neurológico y cognitivo. Durante esta etapa, los niños también exploran activamente su entorno para aprender sobre él, y una de las formas más comunes de exploración es a través de la boca, un proceso conocido como exploración oral (Villar et al., 2019).

1.1.2.1 Desarrollo neurológico y cognitivo en la infancia temprana

La infancia temprana se caracteriza por una serie de etapas críticas en el desarrollo neurológico y cognitivo, influenciadas por factores tanto genéticos como ambientales. A lo largo de este período, ocurren profundos y dinámicos procesos de maduración cerebral, incluyendo la neurogénesis, la gliogénesis, la sinaptogénesis, la mielinización y la poda sináptica (Holland et al., 2014).

La neurogénesis, o formación de nuevas neuronas, comienza durante la vida fetal y continua en ciertas regiones del cerebro hasta la edad adulta. Paralelamente, la gliogénesis, la formación de células gliales (astrocitos y oligodendrocitos), sigue un curso más prolongado que se extiende hasta la infancia y la adolescencia (Frisén, 2016).

La sinaptogénesis, la formación de nuevas conexiones sinápticas, es un proceso clave en el desarrollo cerebral. Este proceso se produce a un ritmo excepcional durante los primeros años de vida, cuando se forman millones de nuevas conexiones. El pico de la densidad sináptica se alcanza generalmente durante el primer año de vida, seguido de un período de poda sináptica donde las conexiones redundantes o menos utilizadas se eliminan (Martinez-Morga & Martinez, 2017).

La mielinización es el proceso por el cual las fibras nerviosas se revisten de mielina, una sustancia grasa que mejora la velocidad y eficiencia de transmisión de los impulsos eléctricos. Este proceso continúa a lo largo de la infancia y la adolescencia y está estrechamente asociado con el desarrollo de habilidades motoras y cognitivas (Grotheer et al., 2022).

Todo este complejo proceso de desarrollo neurológico se traduce en avances significativos en la función cognitiva. Los niños empiezan a desarrollar habilidades de pensamiento más complejas, incluyendo la memoria de trabajo, el control inhibitorio, la flexibilidad cognitiva y el razonamiento (Tian et al., 2018).

1.1.2.2. Importancia de la exploración oral en el desarrollo infantil

La exploración es un componente integral de este desarrollo que permite a los niños aprender sobre su entorno y adquirir nuevas habilidades, así como promover estos cambios del neurodesarrollo. De relevancia la exploración oral es común en la etapa de lactantes (menores de 2 años), donde la interacción con el medio se hace con la introducción de diferentes componentes del medio a la cavidad oral, la cual, si bien es indispensable para un correcto desarrollo, pone a esta población en riesgo de lesiones por ingesta de cuerpos extraños (Bellaïche et al., 2023).

La exploración oral es fundamental y la falta de estimulación por este medio puede tener implicaciones significativas distintos aspectos del neurodesarrollo.

Desarrollo Sensorial: La capacidad de un niño para interactuar con su entorno y aprender de él puede verse afectada si la exploración oral es limitada o pobre. Por ejemplo, los niños que no han tenido suficiente oportunidad de explorar objetos con la boca pueden mostrar una respuesta sensorial atenuada o exagerada a diferentes texturas de alimentos, lo que puede llevar a problemas de alimentación y dificultades dietéticas (Rochat, 1987).

Desarrollo Motor: La exploración oral es un componente crucial del desarrollo de las habilidades motoras orofaciales. Si un niño tiene una exploración oral limitada, puede tener dificultades con el habla y las habilidades de alimentación. Por ejemplo, los niños que no han experimentado suficiente exploración oral pueden tener un desarrollo tardío del habla y alteración en la coordinación ojo mano (Brown & Fredrickson, 1977; Fagan & Iverson, 2007).

Desarrollo Cognitivo: La exploración oral también juega un papel en el desarrollo cognitivo, al permitir a los niños aprender acerca de su entorno y formar conceptos. Un estudio realizado por *Needham et al.*, demostró que la estimulación enriquecida a través de este canal se asocia con estrategias de reconocimiento más sofisticadas comparado con pacientes que no fueron estimulados (Needham et al., 2002).

1.1.3. Epidemiología de la ingesta de baterías en población pediátrica

La ingestión de baterías es un problema de salud pública que afecta principalmente a la población pediátrica, y su incidencia ha ido en aumento en las últimas décadas debido a la creciente disponibilidad y uso de baterías de botón en varios productos para el hogar y juguetes para niños (Litovitz, Whitaker, & Clark, 2010).

1.1.3.1. Prevalencia e incidencia de la ingesta de baterías en pacientes pediátricos

Aunque la ingestión de baterías no es tan frecuente como la ingestión de otros cuerpos extraños en la infancia, su prevalencia ha experimentado un aumento significativo en las últimas décadas. Según un análisis de la Base de Datos del Sistema de Vigilancia de Lesiones del Consumidor en los EE. UU., la tasa de ingestión de baterías por niños menores de 18 años aumentó en un 150%

entre 1990 y 2009. En el mismo estudio, se estimó que más de 65,000 visitas al departamento de emergencias por ingestión de baterías ocurrieron durante este período (Sharpe et al., 2012).

Además de la prevalencia, la incidencia de ingestión de baterías también ha aumentado. Un estudio longitudinal en los EE. UU. mostró que la incidencia de lesiones graves causadas por la ingestión de baterías se duplicó en una década, de 6.4 por millón de población en 1998 a 13.7 por millón en 2009 (Litovitz, Whitaker, & Clark, 2010).

1.1.3.2. Características demográficas de los casos de ingestión de baterías

La ingestión de baterías afecta principalmente a los niños, en particular a aquellos menores de 6 años, con una edad pico de incidencia alrededor de los 2 años. Los datos del National Capital Poison Center mostraron que el 62.2% de las ingestiones de baterías de botón en 2008 fueron en niños menores de 6 años (Zipursky & Ratnapalan, 2021).

En términos de género, los estudios no han mostrado una diferencia significativa en la incidencia de ingestión de baterías entre niños y niñas (Jatana et al., 2013).

1.1.4. Fisiopatología de lesión por baterías

La lesión tisular por ingestión de baterías es un proceso complejo que implica una serie de mecanismos interconectados. Las baterías ingeridas pueden provocar daño al tracto gastrointestinal por mecanismos físicos y químicos. Cuando una batería se aloja en un lugar estrecho del tracto gastrointestinal, como el esófago, puede causar una obstrucción mecánica. Sin embargo, las reacciones químicas que ocurren en la batería y su interacción con los tejidos circundantes contribuyen en gran medida a la gravedad de la lesión (Jatana et al., 2017).

1.1.4.1 Reacciones químicas en la ingestión de baterías

Cuando una batería entra en contacto con los fluidos corporales, como el moco o el ácido gástrico, comienzan a ocurrir varias reacciones químicas. En las baterías de litio, el contacto con el líquido puede resultar en la formación de hidróxido de litio, un álcali fuerte que puede causar quemaduras químicas graves (Townsend & Curran, 2016).

Además, las baterías también pueden producir una corriente eléctrica incluso después de ser ingeridas. Esto puede llevar a la hidrólisis del agua, con la subsecuente formación de hidróxido de sodio o potasio a partir de los iones Na^+ y K^+ en los líquidos corporales. (S.-J. Park & Burns, 2022).

1.1.4.2. Interacción de las baterías con los tejidos y órganos

El daño tisular y la toxicidad resultantes de la ingestión de baterías se producen por la interacción de las baterías con los tejidos y órganos a través de varios mecanismos interrelacionados. Estos pueden ser principalmente físicos y químicos (Linden & Reddy, 2011).

Efecto físico: Cuando se ingiere una batería, su forma, tamaño y ubicación en el tracto gastrointestinal pueden resultar en presión directa y constante sobre la mucosa, lo que puede conducir a la necrosis isquémica y la subsecuente perforación. Las áreas más estrechas, como el esfínter cricofaríngeo, la unión gastroesofágica y el píloro, son sitios comunes de impacto de las baterías (Moore et al., 2014; Semple et al., 2018).

Efecto químico: Como se mencionó previamente la generación de corriente eléctrica cuando se ingiere una batería puede dar lugar a una reacción química conocida como hidrólisis, lo que lleva a la formación de hidróxidos altamente alcalinos como hidróxido de sodio y potasio, los cuales pueden causar quemaduras químicas graves por necrosis (Maves et al., 1984).

Efecto electroquímico: Las baterías, incluso después de la ingestión, continúan generando una corriente eléctrica. Esta corriente puede generar calor por el efecto Joule, dando lugar a quemaduras electroquímicas. Este efecto es especialmente relevante en las baterías de litio, que pueden generar corrientes eléctricas mayores a las de una pila alcalina (Dörterler, 2019).

1.1.4.3. Mecanismos de daño tisular y toxicidad

El daño tisular y la toxicidad por ingestión de baterías son multifactoriales y engloban una serie de procesos que se desarrollan a nivel celular y tisular.

Necrosis de coagulativa: La ingestión de baterías puede generar una corriente eléctrica que causa calor localizado, cuando este es lo suficientemente intenso, puede provocar varias

cascadas de muerte celular que llevan a necrosis coagulativa. Este tipo de necrosis se caracteriza por la coagulación de las proteínas celulares, lo que resulta en una apariencia firme y pálida de los tejidos afectados (Jones, 1998; S.-J. Park & Burns, 2022). Así mismo el daño por elementos ácidos de las baterías puede ocasionar este tipo de necrosis, sobre todo por la desnaturalización de las proteínas, a menudo con pH menor a 5, pero se ha observado desde 6 (Byard, 2015).

Necrosis licuefactiva: Además, la producción de hidróxidos alcalinos fuertes puede dar lugar a la necrosis licuefactiva, en la que el tejido pierde su dureza y se vuelve friable y amorfo. Esto es debido a que estos álcalis activan diversas enzimas bacterianas o lisosomales que hidrolizan el tejido necrótico (Adigun et al., 2023). También se ha observado que la exposición a elementos alcalinos, como lo pueden tener las baterías de litio, lleva a desnaturalización de las proteínas y saponificación de los restos celulares (Boutefnouchet et al., 2010).

Apoptosis: La formación de hidróxido de litio y otros hidróxidos alcalinos, producto de la interacción de los iones corporales y de la batería con el agua hidrolizada, puede fomentar la apoptosis celular. Esto se debe a que estos compuestos pueden alterar la homeostasis del calcio intracelular, lo que a su vez activa diferentes caspasas que culminan en este tipo de muerte (Song et al., 2004). En cuanto a la relación del pH con la presencia de apoptosis o necrosis, los resultados han sido controversiales, en un estudio en células humanas de leucemia HL-60 se observó que el pH donde hay mayor actividad de endonucleasas y caspasas es cercano a 7, mientras que en valores más extremos se observa mayor necrosis que apoptosis (H. J. Park, 1995).

Inflamación y respuesta inmunitaria: Como en otras lesiones por álcalis, la ingesta de baterías induce la activación de diversos mediadores del sistema inmune, sobre todo el innato. Esta activación lleva a la liberación de citocinas que reclutan mediadores celulares del sistema que aumentan el daño tisular y promueven la formación de granulomas y cicatrices (Ben Hanan et al., 1983).

Lesiones a largo plazo: Con el tiempo, los efectos acumulativos de estos procesos de daño a nivel celular y tisular pueden dar lugar a cambios crónicos en los tejidos afectados, principalmente secundario a la generación de tejido cicatricial, con aparición de estenosis y fístulas (Anfang et al., 2019).

1.1.4.4. Factores de riesgo de daño

Como se comentó previamente la fisiopatología detrás de la lesión por ingesta de baterías es un tema complejo, por lo que los factores de riesgo asociados a gravedad del daño tisular son diversos, sin embargo, se pueden clasificar de manera general en dos, los factores relacionados con la batería y los relacionados con la atención médica.

Factores relacionados con la batería: El tamaño, tipo y carga de la batería son factores de riesgo cruciales. Las baterías de botón de litio, sobre todo las de 20 mm son especialmente peligrosas debido a su tamaño, que se ajusta perfectamente a la estrechez del esófago de un paciente pediátrico y también debido a su carga eléctrica alta. Según un estudio de Litovitz *et al.*, las baterías de litio de 20 mm causaron el 94% de las lesiones graves y todas las fatalidades en un conjunto de datos de 56.535 ingestas de baterías. En comparación, las baterías alcalinas y de óxido de plata causaron daño menos severo y menos frecuentemente (Litovitz, Whitaker, Clark, et al., 2010). Adicionalmente, la carga restante en la batería es un factor de riesgo importante. Se ha descrito que una batería con una mayor carga restante tiene más potencial para causar una quemadura esofágica, llegando a ser de hasta 3 veces el riesgo (Anfang et al., 2019).

Factores relacionados con el paciente: Los niños con ciertas condiciones de salud preexistentes pueden tener un mayor riesgo de lesiones graves si ingieren una batería. Algunas anomalías anatómicas del tracto gastrointestinal como lo son los divertículos esofágicos, y las estenosis esofágica o pilórica pueden dificultar el paso de las baterías por el tracto gastrointestinal (Little et al., 2006). Así mismo los pacientes con trastornos del desarrollo, en especial del espectro de trastorno autista (TEA), pueden tener una mayor tendencia a la pica, lo que puede aumentar el riesgo de ingestión de baterías (Lorenzo et al., 2022).

Factores relacionados con el tratamiento: El tiempo hasta el diagnóstico y tratamiento, y la naturaleza del tratamiento son factores de riesgo cruciales. Según el estudio de Brumbaugh *et al.*, los retrasos en el diagnóstico y tratamiento de más de 2 horas pueden aumentar significativamente el riesgo de daño tisular y complicaciones graves. Además, si las intervenciones iniciales de manejo, como el intento de extracción de la batería en la sala de

emergencias, fallan, el retraso resultante puede llevar a un mayor daño tisular (Brumbaugh et al., 2011).

1.1.5. Impacto socioeconómico y en salud

La ingestión de baterías, especialmente las de litio, tiene un impacto significativo tanto en la salud como en la economía. El daño esofágico y las lesiones relacionadas pueden requerir una serie de procedimientos de diagnóstico y tratamiento costosos y en ocasiones estancias prolongadas. Así mismo las intervenciones como la endoscopia, la cirugía y la hospitalización en la unidad de cuidados intensivos aumentan los costos a las familias. Además, las secuelas a largo plazo como las estenosis y la disfagia pueden requerir múltiples intervenciones adicionales y afectar la calidad de vida del niño y suponer un impacto socioeconómico en la familia y el sistema de salud (Atlas et al., 2022).

1.1.5.1. Costos asociados al manejo de la ingesta de baterías en pacientes pediátricos

El manejo de la ingestión de baterías implica múltiples costos directos e indirectos. Los costos directos incluyen la atención médica inmediata, como la hospitalización, la endoscopia, la cirugía, y los medicamentos. Según un estudio australiano realizado por Lee Yee *et al.*, la mediana de costo por la ingesta de baterías que termina en hospitalización es de 1989 dolares, con un rango intercuartil de 643 a 4976 dólares (Ngu et al., 2023).

1.1.5.2. Consecuencias a largo plazo para la salud de los pacientes y su calidad de vida

La ingestión de baterías puede tener consecuencias graves y duraderas para la salud de los pacientes pediátricos. El daño causado a los tejidos del tracto gastrointestinal puede requerir cirugías correctivas y una estancia hospitalaria prolongada, lo que puede afectar significativamente la calidad de vida del paciente (Brumbaugh et al., 2011).

Una de las complicaciones más comunes de la ingestión de baterías es la estenosis esofágica. Según un estudio de Kramer *et al.*, hasta el 28% de los pacientes con ingestión de baterías desarrollaron estenosis esofágica, condición que puede causar disfagia, dolor torácico y pérdida de peso. A menudo esta complicaciones requiere intervención endoscópica para dilataciones

esofágicas repetidas o incluso cirugía. Lo que impacta en la calidad a largo plazo de los pacientes (Kramer et al., 2015).

Otras complicaciones importantes son la formación de fístulas, principalmente traqueoesofágicas, y perforaciones del tracto gastrointestinal (principalmente esofágicas). Según el estudio de Litovitz *et al.*, entre los pacientes que sufrieron lesiones graves por ingestión de baterías, el 6.8% desarrollaron una fístula traqueoesofágica, mientras que el 8.6% experimentó perforación esofágica. Además, este mismo estudio encontró que la prevalencia de mediastinitis, una de las complicaciones más graves de este grupo de pacientes, posterior a la ingesta de baterías es del 1.7% (Litovitz, Whitaker, Clark, et al., 2010).

Es importante destacar que estos son resultados de los casos más severos, y las cifras pueden variar dependiendo de factores como el tiempo que la batería permanece en el cuerpo y el tipo de batería ingerida, como se mencionó previamente. En los casos más extremos, la ingestión de baterías puede resultar en la muerte, aunque estas circunstancias son raras. Según un informe del National Capital Poison Center, de 2008 a 2016, hubo 14 muertes documentadas en los Estados Unidos relacionadas con la ingestión de baterías, lo que resalta la importancia de la prevención y el tratamiento oportuno (Zipursky & Ratnapalan, 2021).

1.1.6. Diagnóstico

El diagnóstico de la ingestión de baterías en pediatría puede ser un desafío debido a la variedad de síntomas que pueden presentar los pacientes, que pueden ser inespecíficos o incluso ausentes en algunos casos. Por lo tanto, es fundamental tener un alto índice de sospecha, especialmente en niños pequeños con acceso a baterías de botón u otros dispositivos electrónicos pequeños (Jatana et al., 2013).

1.1.6.1. Manifestaciones clínicas y signos de alarma en la ingesta de baterías

Los síntomas iniciales suelen ser inespecíficos, y a menudo incluyen náusea, vómito, tos, fiebre, disfagia, anorexia, sialorrea y dolor abdominal. Los signos de una ingestión de baterías más grave pueden incluir hematemesis, melena, estridor (en caso de afectar la vía aérea), disnea y cambios en el estado mental (Varga et al., 2018).

Uno de los signos que suelen indicar complicaciones agudas de una ingestión de baterías es la presencia de dolor torácico, que puede indicar la presencia de una fístula traqueoesofágica o perforación esofágica, complicaciones que requieren atención médica urgente (Krom et al., 2018).

Es importante destacar que no todos los niños que ingieren baterías presentarán estos síntomas, y la ausencia de síntomas no descarta la ingestión de baterías. Si se sospecha una ingestión de baterías, se debe buscar atención médica inmediata para una evaluación adecuada (Jatana et al., 2013).

1.1.6.2. Métodos de diagnóstico utilizados para detectar la ingestión de baterías en pacientes pediátricos

El diagnóstico de la ingestión de baterías en pediatría depende en gran medida de la obtención de una historia clínica detallada y un examen físico exhaustivo, complementado con estudios de imagenología (Mubarak et al., 2021).

El primer paso en la confirmación de la ingestión de una batería es obtener una radiografía de tórax y abdomen. Las baterías de botón pueden identificarse en la radiografía por su forma de disco y el halo doble o "signo de halo". No obstante, es importante notar que los hallazgos radiográficos pueden variar dependiendo de la orientación de la batería en el tracto gastrointestinal y del tipo de batería ingerida (Voelker et al., 2021). Es importante siempre realizar dos proyecciones de radiografías, tanto en anteroposterior como en lateral, ya que esto permite la adecuada localización de las baterías. En pacientes de mayor tamaño se puede considerar realizar tanto de tórax como de abdomen en ambas proyecciones, mientras que en pacientes lactantes a menudo una misma radiografía abarca ambas regiones (Teece & Mackway-Jones, 2005).

En el contexto de la ingestión de baterías, los análisis de sangre pueden proporcionar información valiosa para evaluar el grado de daño tisular y toxicidad sistémica. Algunas de las alteraciones más comunes en los estudios de laboratorio son los siguientes:

Gasometría arterial: Los niveles elevados de lactato en sangre pueden ser indicativos de hipoxia tisular y daño celular agudo, lo que puede ocurrir en caso de lesión grave del esófago o del estómago. La presencia de acidosis metabólica de brecha aniónica elevada podría presentarse en caso de un evento isquémico significativo o de hipoperfusión por choque distributivo (Litovitz, Whitaker, Clark, et al., 2010; S.-J. Park & Burns, 2022).

Citometría hemática: Los niveles de hemoglobina y hematocrito pueden estar disminuidos en casos de sangrado gastrointestinal asociado a la lesión por la batería. Adicionalmente, la presencia de leucocitosis puede ser un indicativo de respuesta inflamatoria sistémica o de un proceso infeccioso sobreagregado (Wallace et al., 2017).

Por otro lado, la tomografía computarizada (TC) es útil en casos donde se sospecha de complicaciones, principalmente perforación del tracto gastrointestinal o la formación de una fístula traqueoesofágica. La TC puede proporcionar una imagen detallada de la anatomía y las posibles lesiones asociadas a la ingestión de la batería, así como una localización exacta de la misma. Sin embargo, debido a la exposición a radiación, se reserva para aquellos casos en los que se sospecha una complicación que podría requerir una intervención quirúrgica (Agarwal et al., 2019).

La endoscopia es una técnica fundamental en el diagnóstico y manejo de la ingesta de baterías en la población pediátrica. Esta técnica permite una visualización directa del esófago, estómago y duodeno, lo que facilita la identificación de la localización exacta de la batería, así como el grado de daño tisular causado. La endoscopia también ofrece la ventaja de ser una herramienta terapéutica, permitiendo la extracción de la batería en muchos casos. Se recomienda la realización de una endoscopia en todos los pacientes con sospecha de ingestión de baterías y signos de complicaciones como dolor persistente, dificultad para tragar o síntomas de sangrado gastrointestinal, siempre y cuando no haya evidencia de perforación (Kramer et al., 2015).

1.1.7. Manejo

La ingestión de baterías en niños es una emergencia médica debido al potencial de daño al tracto gastrointestinal en un periodo corto de tiempo (Jatana et al., 2013).

1.1.7.1. Medidas iniciales de manejo y evaluación de la gravedad

Las medidas iniciales deben incluir la evaluación de la vía aérea, respiración y circulación (ABC) del paciente, ya que la obstrucción de la vía aérea y el shock pueden ocurrir en casos graves. Debe administrarse oxígeno suplementario según sea necesario y establecer acceso intravenoso para la administración de soluciones parenterales y medicamentos. No se debe intentar inducir el vómito ni administrar laxantes, ya que estos pueden aumentar el riesgo de complicaciones (Mubarak et al., 2021).

Se debe obtener un historial detallado del incidente, incluyendo el tipo de batería ingerida, la hora de la ingestión, la presencia de síntomas y cualquier intento previo de extracción. Es importante tener en cuenta que la ausencia de síntomas no excluye el potencial de daño significativo, ya que la lesión puede progresar rápidamente (Atlas et al., 2022).

Una radiografía de tórax y abdomen debe ser obtenida inmediatamente para identificar la localización de la batería y evaluar cualquier signo de perforación como la presencia de aire libre subdiafrágico (Namasivayam, 1999).

1.1.7.2. Estrategias de extracción de la batería

Una vez que se ha identificado la localización de la batería y se ha evaluado la gravedad del caso, es esencial planificar la extracción de la batería para evitar o minimizar las lesiones adicionales. Existen varias estrategias de extracción, y la elección del método más apropiado depende de factores como la localización de la batería, el estado del paciente y la disponibilidad de experiencia y equipo especializado (Jatana et al., 2013).

Extracción Endoscópica: Es la modalidad de primera línea para la extracción de baterías localizadas en el esófago y estómago. Se realiza con un endoscopio flexible y pinzas de extracción o un lazo de polipectomía. La endoscopia tiene la ventaja de permitir la visualización directa del esófago y del cuerpo extraño, minimizando el riesgo de perforación durante la extracción. A pesar de ser la primera línea, la endoscopia tiene sus limitaciones, las bacterias que se encuentren distales al duodeno no son extraíbles por este método, así mismo la presencia de perforaciones gastrointestinales suponen una indicación de cirugía de urgencia (Kramer et al., 2015).

Extracción quirúrgica: En casos de complicaciones graves como perforación, formación de fístulas o falla de la extracción endoscópica, puede ser necesaria una intervención quirúrgica la extracción de la batería. Esto puede implicar una laparotomía o toracotomía dependiendo de la localización de la batería y las complicaciones presentes (Templeton et al., 2020).

Manejo conservador: En casos seleccionados donde la batería ha pasado más allá del estómago hacia el intestino y no hay signos de complicaciones, puede ser apropiado un manejo conservador con observación y seguimiento con radiografías para asegurar el paso espontáneo de la batería. Sin embargo, este enfoque debe ser considerado con precaución y requiere una cuidadosa evaluación y seguimiento del paciente con radiografías seriadas (Sethia et al., 2021).

1.1.7.3. Recomendaciones de las guías NASPGHAN

Las guías de la sociedad NASPGHAN (North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition) recomiendan el siguiente algoritmo de manejo para los pacientes con sospecha o evidencia de ingesta de baterías de botón (Kramer et al., 2015).

Batería en esófago

Si la batería se encuentra en el esófago y el paciente está estable: se procederá a la extracción endoscópica inmediata (idealmente menos de 2 horas). Si el paciente presenta sangrado activo o está clínicamente inestable se realizará una extracción endoscópica en el quirófano con la presencia de un cirujano en sala y se buscarán datos de lesión esofágica.

En caso de evidencia de cualquier lesión esofágica se deberá ingresar al paciente, mantener en ayuno y se administrarán antibióticos intravenosos. Según la evolución del paciente y el criterio del médico se puede considerar en estos casos la realización de una AngioTAC o resonancia magnética de tórax para descartar fístulas hacia la aorta, ya que se ha descrito como la complicación con mayor mortalidad.

En caso de que haya una lesión significativa en el tejido circundante a la aorta se realizará un esofagograma para descartar perforación esofágica antes de progresar con la dieta. Si embargo, si se demuestra una lesión cercana a la aorta se continuará con el ayuno y los antibióticos, y se realizarán Resonancias Magnéticas seriadas cada 5-7 días hasta que la lesión mejore.

Si se presenta hematemesis o sangrado de tubo digestivo alto dentro de los 21 días posteriores a la extracción, se deberá asumir una fístula aortoentérica como la causa de esta y se preparará de emergencia para una toracotomía con cirugía cardiovascular.

Batería en estómago o distal

En este caso la decisión se basará en la presencia de los síntomas, edad y tamaño de la batería. Para pacientes menores de 5 años y/o con baterías de ≥ 20 mm se considerará la evaluación de cualquier lesión esofágica y la extracción endoscópica, si es posible, dentro de las 24-48 horas, siempre y cuando la batería esté en estómago. Si hay una lesión esofágica presente: se ingresará al paciente, se mantendrá en ayuno, se administrarán antibióticos por vía intravenosa, y se considerará una Angiografía por Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética del tórax.

Para pacientes mayores de 5 años y/o con baterías de < 20 mm: se puede considerar la observación ambulatoria únicamente. Se realizará una radiografía de repetición a las 48 horas para baterías de ≥ 20 mm, y a los 10-14 días para baterías de < 20 mm si no se han eliminado en las heces. Si se presentan síntomas gastrointestinales o si la batería no ha pasado al estómago para el momento de la radiografía según el tiempo descrito anteriormente, se procederá a la extracción endoscópica en caso de que estén en estómago o quirúrgica si están distales al duodeno.

1.1.7.4. Consideraciones para el manejo de complicaciones y cuidados posteriores

Incluso posterior a la extracción de la batería ingerida, la atención médica deberá continuar. La monitorización post-procedimiento es crítica debido a la posibilidad de complicaciones, que pueden variar desde leves hasta graves, y pueden surgir inmediatamente después del procedimiento o días o semanas más tarde. Estas complicaciones pueden incluir sangrado, perforación, formación de fístulas, estenosis, entre otras.

Manejo de Complicaciones:

Sangrado: Si ocurre sangrado de tubo digestivo alto puede ser necesario realizar endoscopia terapéutica para controlar el sangrado mediante diferentes técnicas como coagulación local, aplicación de clips o bandas, o inyección de agentes esclerosantes (Kramer et al., 2015).

Perforación y fístulas: Las perforaciones y las fístulas pueden requerir intervención quirúrgica. El manejo puede variar desde reparación primaria hasta esofagectomía o gastrostomía, dependiendo de la gravedad y la localización de la lesión (Agarwal et al., 2019).

Estenosis: Las estenosis esofágicas son una complicación a largo plazo común después de la ingestión de baterías. El manejo implica dilatación endoscópica, que puede necesitar repetirse varias veces según la respuesta (Bulna & Fifi, 2021).

Cuidados Posteriores:

Los pacientes que han ingerido una batería deben ser monitorizados después del procedimiento para identificar y manejar las complicaciones tempranas y a largo plazo. Es importante la educación de los padres y cuidadores sobre los signos y síntomas de complicaciones, como disfagia, dolor torácico o abdominal, vómitos, o sangrado gastrointestinal.

La prevención de la ingestión recurrente de baterías es un aspecto importante de los cuidados posteriores. Esto incluye la educación de los padres y cuidadores sobre la importancia de mantener las baterías y los objetos que contienen baterías fuera del alcance de los niños, y la revisión de las prácticas de seguridad en el hogar (Jatana et al., 2013).

1.2. Justificación

La ingesta de baterías es un problema de salud pública creciente y peligroso, particularmente en la población pediátrica. A pesar de la creciente conciencia de los riesgos asociados con la ingestión de baterías, las incidencias de ingestión y las complicaciones asociadas siguen siendo significativas.

Un estudio detallado y descriptivo que documente y evalúe las características clínicas, demográficas y endoscópicas de la ingestión de baterías en niños puede proporcionar una visión valiosa acerca de la prevención, el diagnóstico y el manejo de esta condición. La comprensión de estas características puede ayudar a identificar a los niños en riesgo y puede guiar las intervenciones de salud pública y las estrategias de manejo clínico.

Además, este estudio también podría proporcionar una base para futuras investigaciones en esta área, incluyendo la identificación de estrategias efectivas para reducir la incidencia y mejorar los resultados de la ingestión de baterías en niños.

Por último, de la mano del día internacional de la concientización de la ingesta de baterías de botón (12 de junio), este estudio también busca concientizar de la importancia de siempre vigilar a los niños que tengan cerca juguetes electrónicos, ya que estos muy comúnmente contienen baterías de botón, lo cual supone siempre un riesgo para ellos.

2. Planteamiento del problema

La ingestión de baterías, y en particular las baterías de botón de litio, es un fenómeno peligrosamente creciente entre los niños. A pesar de los esfuerzos para prevenir la ingestión de baterías y aumentar la conciencia de sus peligros, los casos de ingestión de baterías y las complicaciones asociadas continúan ocurriendo. Aunque se ha realizado investigación en este campo, existe una necesidad de un estudio detallado y descriptivo que aborde exhaustivamente las características clínicas, epidemiológicas y endoscópicas de los pacientes pediátricos mexicanos que ingieren baterías de botón.

3. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las características clínicas, demográficas y endoscópicas de los pacientes pediátricos que han ingerido baterías de botón?

4. Hipótesis

Al ser un estudio descriptivo no es necesario el plantear una hipótesis.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Evaluar y describir las características clínicas, epidemiológicas y endoscópicas de los pacientes pediátricos que han ingerido baterías de botón.

5.2. Objetivos Específicos

1. Identificar y describir las características demográficas de los pacientes pediátricos que ingieren baterías de botón.
2. Caracterizar las manifestaciones clínicas y signos de alarma asociados con la ingestión de baterías de botón en pacientes pediátricos.
3. Evaluar y describir los métodos diagnósticos utilizados para detectar la ingestión de baterías de botón en esta población.
4. Describir las estrategias de manejo, incluyendo las técnicas de extracción de baterías, en la población de estudio.
5. Examinar las complicaciones asociadas con la ingestión de baterías de botón en niños.

6. Metodología

6.1. Sitio del estudio

El estudio se realizó en un hospital de especialidad en pediatría de la Ciudad de México.

6.2. Población del estudio

La población de estudio fueron pacientes pediátricos (de 0 a 18 años) que se atendieron en el departamento de urgencias del Star Médica Hospital Infantil Privado desde Enero 2018 a Febrero 2023.

6.3. Tipo de estudio

Este fue un estudio transversal, retrospectivo, descriptivo y observacional basado en la revisión de registros médicos de los pacientes que cumplieron con los criterios de selección.

6.4. Características del estudio

Por su naturaleza el estudio fue transversal, retrospectivo, descriptivo y observacional.

6.4. Criterios de selección

6.4.1 Criterios de inclusión

- Pacientes de 0 a 18 años.

- Pacientes que fueron atendidos en el departamento de urgencias del Star Medica Hospital Infantil Privado por ingestión de baterías de botón.
- Pacientes cuyos registros médicos contenían información suficiente para describir las características epidemiológicas, clínicas y endoscópicas.

6.4.2. Criterios de exclusión

- Pacientes que ingirieron baterías de otro tipo.
- Pacientes que expulsaron la batería al momento de la valoración.
- Pacientes en los cuales, a pesar de ser el motivo de consulta, no se haya logrado documentar la presencia de una batería de botón por métodos de imagen o de visualización directa (endoscópica o quirúrgica).

6.4.3 Criterios de eliminación

- Registros médicos con información inconsistente o incompleta que no permite la correcta evaluación de las características demográficas, clínicas o endoscópicas.
- Pacientes que fueron referidos a otra unidad o hayan solicitado su alta voluntaria previo a la resolución del cuadro.
- Pacientes que explícitamente hayan rechazado el participar en cualquier tipo de protocolo de estudio.

6.5 Tamaño de la muestra

Dado que este es un estudio descriptivo y retrospectivo, el tamaño de la muestra estuvo determinado por el número de casos registrados que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión durante el período de estudio elegido.

6.6. Descripción operativa del estudio

Identificación de casos: Se revisaron los registros médicos de todos los pacientes pediátricos que se presentaron con la ingestión de baterías en el hospital durante el período de estudio establecido (Enero 2018 a Febrero 2023). Esta revisión de registros médicos se realizó de forma manual.

Selección de casos: Se seleccionaron para el estudio aquellos casos que cumplieron con los criterios de inclusión y no cumplieron con ninguno de los criterios de exclusión o eliminación establecidos en el punto 6.4.

Extracción de datos: Para cada caso seleccionado se extrajeron los datos para llenar cada una de las variables establecidas en el punto 6.7 utilizando un formulario de recopilación de datos estandarizado.

Análisis de datos: Los datos extraídos se ingresaron en Excel y posteriormente se exportaron al programa estadístico de SPSS para su análisis. Este análisis consideró frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas y medidas de tendencia central (media) y medida de dispersión (desviación estándar) para las variables cuantitativas.

Interpretación y reporte de los hallazgos: Los resultados del análisis se reportaron en gráficas de sectores o gráficas de barras y tablas, según sea el caso.

6.7. Descripción de las variables

Variables demográficas: edad, sexo, lugar de origen.

Variables clínicas: síntomas al ingreso, tiempo desde la ingestión hasta la atención médica, localización de la batería en el cuerpo, tipo de batería (si está disponible en el registro médico), tamaño de la batería (si está disponible), presencia de complicaciones, tratamiento recibido, tiempo de hospitalización.

Variables endoscópicas: hallazgos en la endoscopia, la ubicación de la batería en el tracto gastrointestinal, daño tisular visualizado.

Nombre	Descripción de la variable	Tipo	Indicador
Sexo	Se refiere al género biológico del paciente, clasificado como masculino o femenino.	Categórica (Cualitativa) Nominal	Mujer Hombre
Edad	La edad del paciente en el momento de la atención médica. Se	Numérica (Cuantitativa) Continua	Del 0 al 18, incluyendo decimales para los meses o

	medirá en meses para niños menores de dos años y en años para niños mayores.		semanas (convertidos a base 10 para el análisis)
Síntomas al ingreso	Presencia o no de síntomas al ingreso	Categórica Nominal	Si (1) No (0)
Características de la sintomatología	Los síntomas reportados o observados en el paciente al momento de la admisión al hospital	Categórica Nominal	Cualquier síntoma presente al momento de la valoración. Estos pueden incluir, pero no se limitan a, dolor abdominal, tos, disfagia, letargo, etc.
Tamaño de la batería	El diámetro de la batería ingerida medido en milímetros.	Numérica Continua	Milímetros mayor al 0 hasta el infinito
Presencia de complicaciones	Indica si el paciente experimentó alguna complicación como resultado de la ingestión de la batería.	Categórica Nominal	Si (1) No (0)
Tipo de complicación	Describe la naturaleza específica de la complicación que se presentó.	Categórica Nominal	Cualquier tipo de complicación durante la estancia hospitalaria. Incluye, pero no se limita a perforación esofágica, mediastinitis, formación de fístula
Tratamiento conservador	Indica si el paciente recibió manejo conservador, es decir, sin la realización de procedimientos invasivos, como la observación clínica y el manejo sintomático	Categórica Nominal	Si (1) No (0)

Tratamiento endoscópico	Señala si se realizó endoscopia para la extracción de la batería.	Categórica Nominal	Si (1) No (0)
Requerimiento de intervención quirúrgica	Indica si el paciente necesitó cirugía para resolver complicaciones o extraer la batería.	Categórica Nominal	Si (1) No (0)
Muerte	Señala si el paciente falleció durante su estancia hospitalaria debido a complicaciones relacionadas con la ingestión de la batería.	Categórica Nominal	Si (1) No (0)

6.8. Análisis estadístico

Utilizando el programa estadístico de SPSS para el análisis se calcularon frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas y medidas de tendencia central (media) y medida de dispersión (desviación estándar) para las variables cuantitativas, de acuerdo con la prueba de normalidad. Dichos valores se expresaron en gráficas de sectores o gráficas de barras, según corresponde.

6.9. Aspectos éticos

Este protocolo respeta los principios éticos básicos de la investigación en seres humanos: autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia.

Declaración de Helsinki: Con base en la Declaración de Helsinki de la 64ª Asamblea General de la Asociación Médica Mundial efectuada en 2013, este proyecto de investigación no afecta los derechos humanos, ni las normas éticas ni de salud en materia de investigación, por lo tanto, no se comprometen la integridad física, moral o emocional de las personas incluidas en este proyecto.

Se califica esta investigación en “Categoría I: Investigación sin riesgo” Según lo establecido en el artículo 17 del reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación dado que solo se revisaron los expedientes clínicos.

Se guardó la total confidencialidad de los datos personales de los pacientes, al desvincular los mismos y en ninguno momento serán presentados, todo lo anterior de acuerdo al Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI).

De acuerdo con el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, artículo 17, se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. De acuerdo con el párrafo I, se considera esta investigación “sin riesgo”, ya que únicamente se revisaron los expedientes clínicos de los pacientes para la obtención de la información:

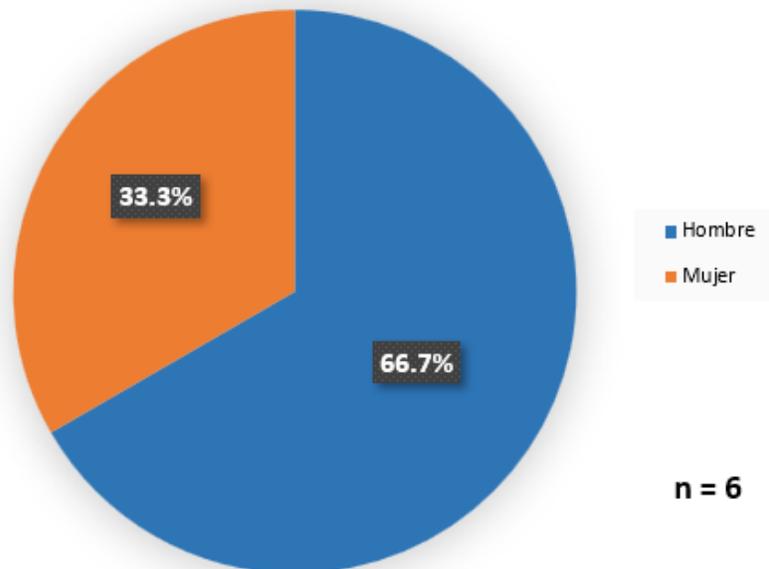
I. Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

Este estudio no involucra la manipulación de microorganismos patógenos ni material biológico para su desarrollo, por lo cual al ser una investigación sin riesgo, no fue necesario obtener la firma del consentimiento informado.

7. Resultados

Se analizó información de 6 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión. En cuanto a las características sociodemográficas, 4 pacientes (66.7%) fueron del sexo masculino y 2 (33.3%) del sexo femenino. (Gráfica 1).

Gráfica 1. Frecuencia de distribución por sexo

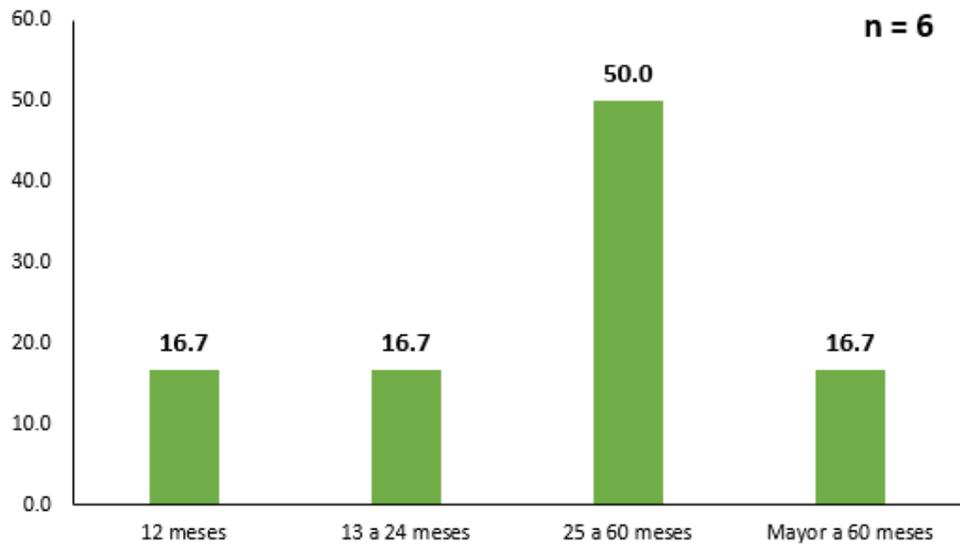


Para la edad evaluada en meses, se obtuvo media 41 ± 26 meses, con rango de 12 a 81 meses. (Tabla 1). Desglosado por grupo de edad, 3 pacientes (50%) tenían edad entre 25 a 60 meses, 1 (16.7%) 12 meses, 1 (16.7%) de 13 a 24 meses y 1 (16.7%) mayor a 60 meses. (Gráfica 2).

Tabla 1. Descripción cuantitativa de la edad

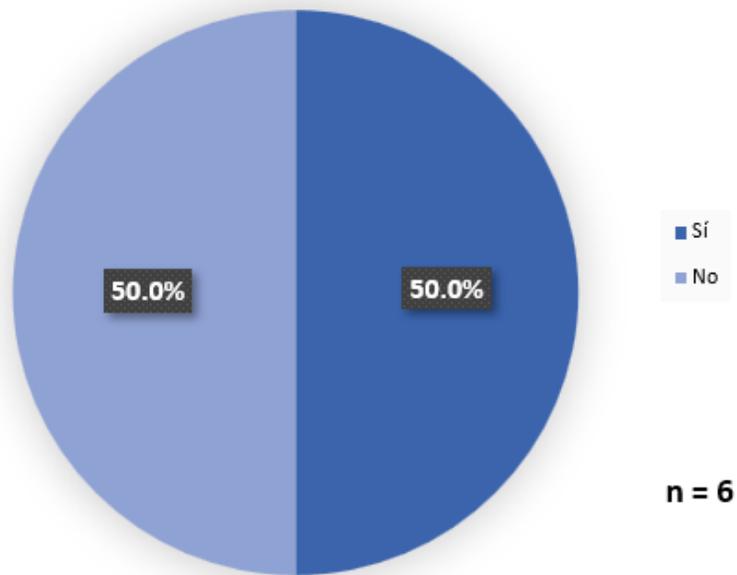
Variable	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Edad (meses)	41	26	12	81

Gráfica 2. Frecuencia por grupo de edad

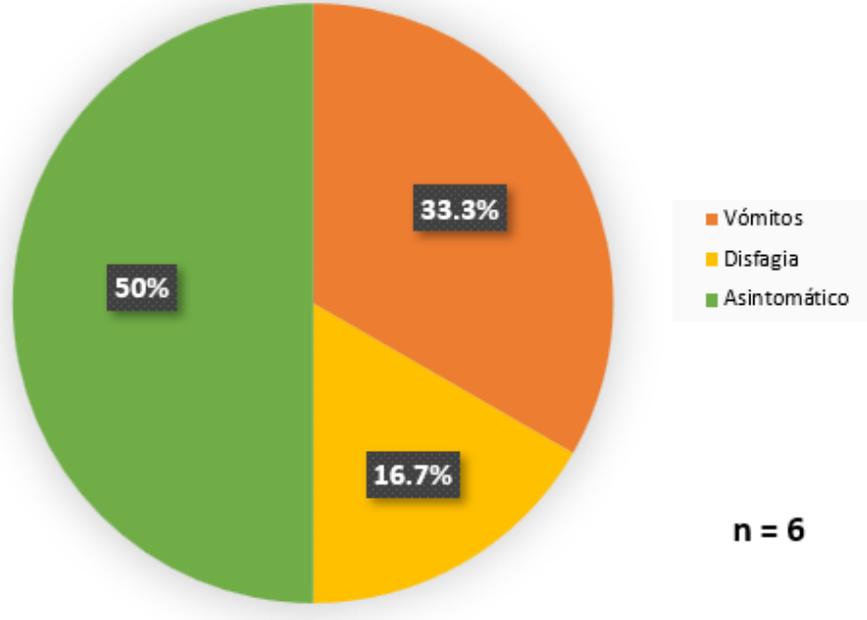


En cuanto a los datos clínicos, no se identificó en ningún paciente síntomas respiratorios, mientras que 3 (50%) presentaron síntomas gastrointestinales. **(Gráfica 3)**. De los cuales 2 (33.3%) tuvieron vómito y 1 (16.7%) refirió disfagia; y los 3 pacientes restantes (50%) se mantuvieron asintomáticos. **(Gráfica 4)**.

Gráfica 3. Frecuencia de presentación de síntomas gastrointestinales



Gráfica 4. Frecuencia de presentación de síntomas gastrointestinales

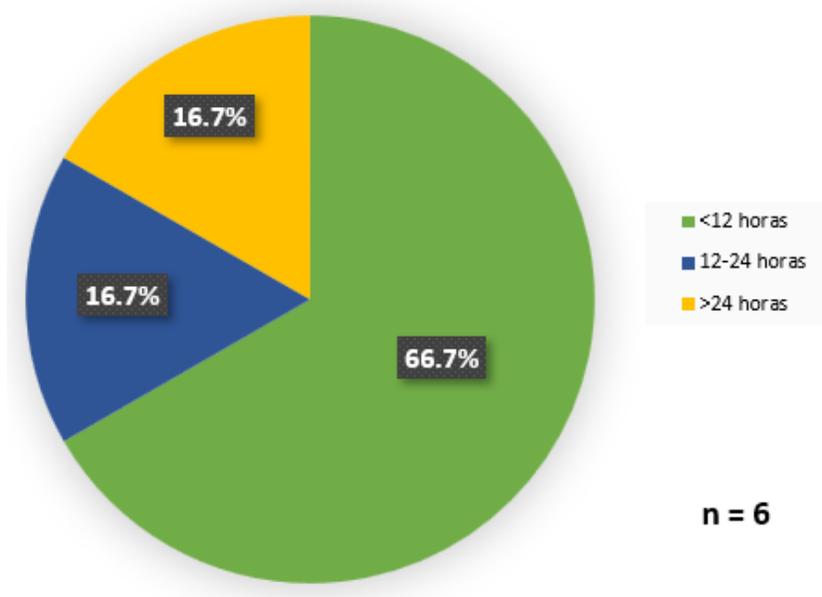


El tiempo transcurrido desde la ingesta hasta la realización de endoscopia tuvo media de 14.5 ± 16.5 horas, con rango de 4 a 47 horas. (Tabla 2). De forma agrupada, con mayor frecuencia el tiempo transcurrido fue menor a 12 horas en 4 pacientes (66.7%), de 12 a 24 horas en 1 (16.7%) y mayor a 24 horas en 1 (16.7%). (Gráfica 5).

Tabla 2. Descripción cuantitativa del tiempo transcurrido hasta la realización de endoscopia

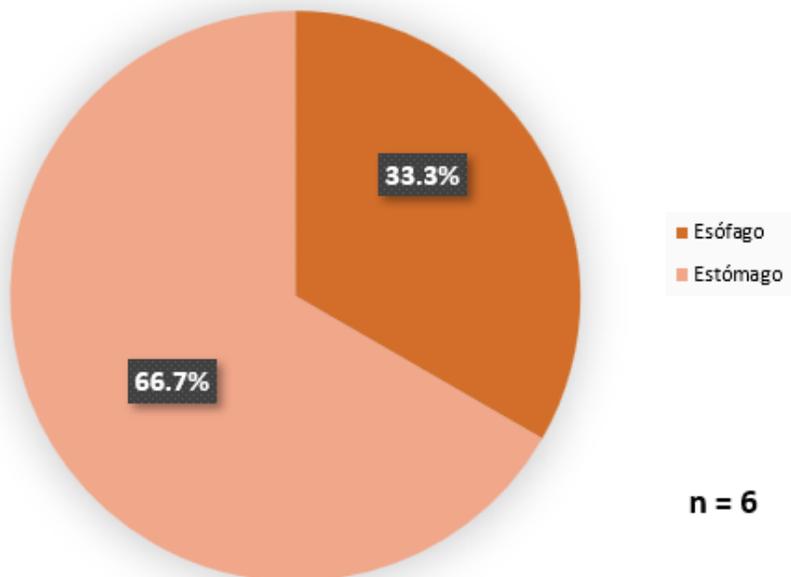
Variable	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Horas	14.5	16.5	4	47

Gráfica 4. Frecuencia de tiempo transcurrido hasta la realización de endoscopia



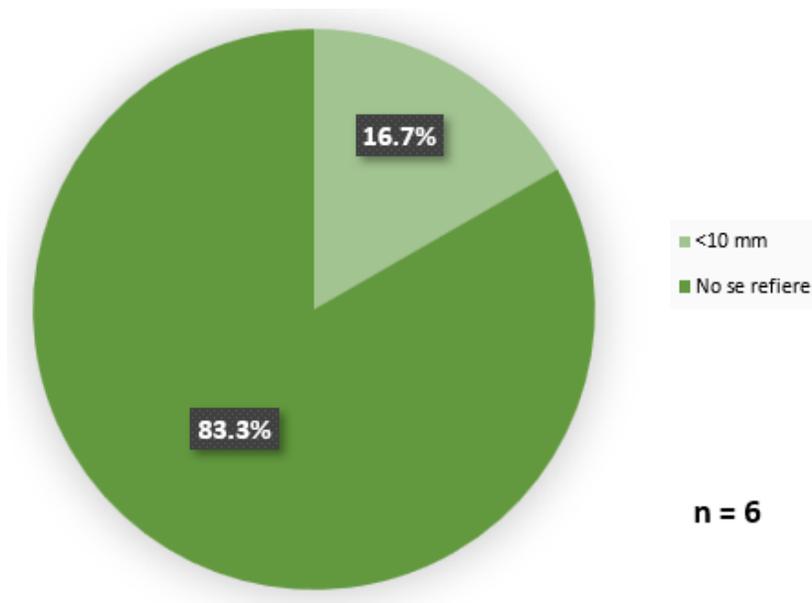
Se realizó extracción en el 100% de los pacientes y la localización de la batería fue en estómago en 4 pacientes (66.7%) y esófago en los 2 restantes (33.3%). **(Gráfica 5).**

Gráfica 5. Frecuencia de localización de la batería



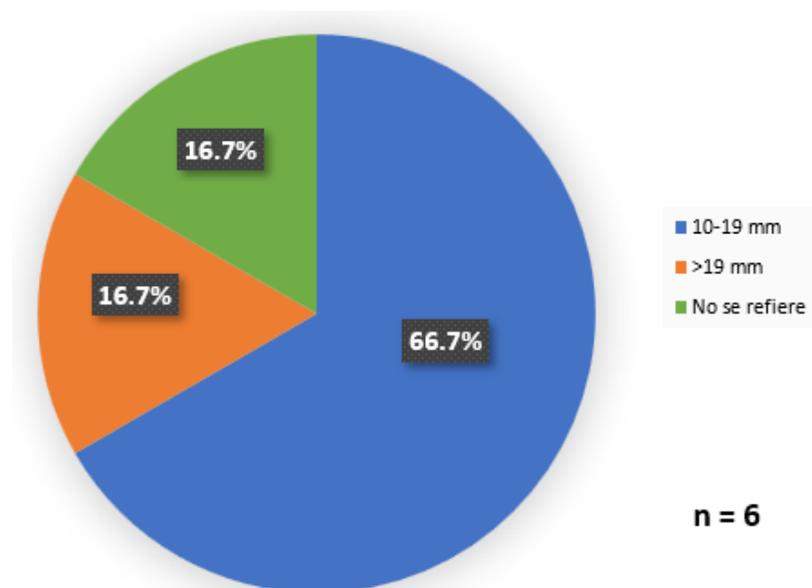
El tamaño real de la batería fue menor a 10 mm en 1 paciente (16.7%), mientras que en 5 (83.3%) no se refiere el tamaño. **(Gráfica 6).**

Gráfica 6. Frecuencia por tamaño real de la batería



El tamaño observado en la radiografía realizada, fue de 10 a 19 mm en 4 pacientes (66.7%), mayor a 19 mm en 1 (16.7%) y en 1 (16.7%) no se refiere. **(Gráfica 7).**

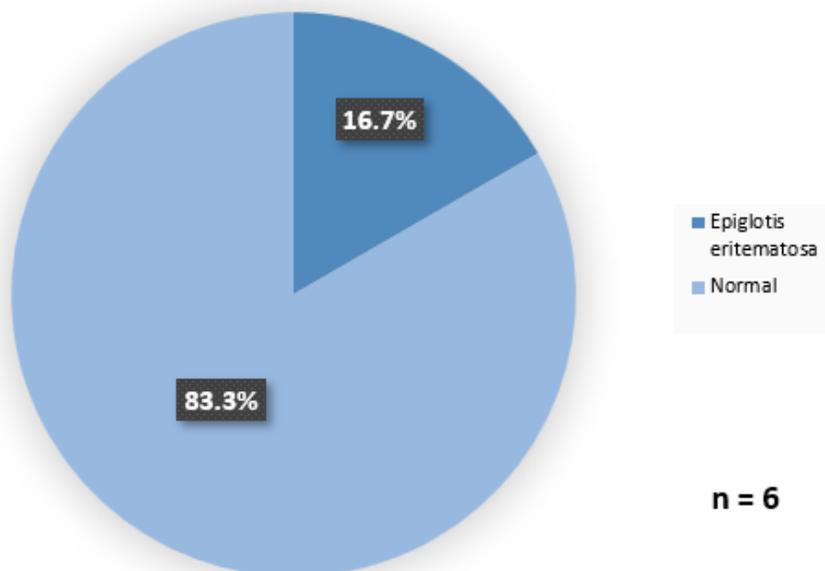
Gráfica 7. Frecuencia por tamaño de la batería en la radiografía



El país de origen de la batería se desconoció en todos los pacientes y en cuanto a los hallazgos endoscópicos se definieron para cada zona:

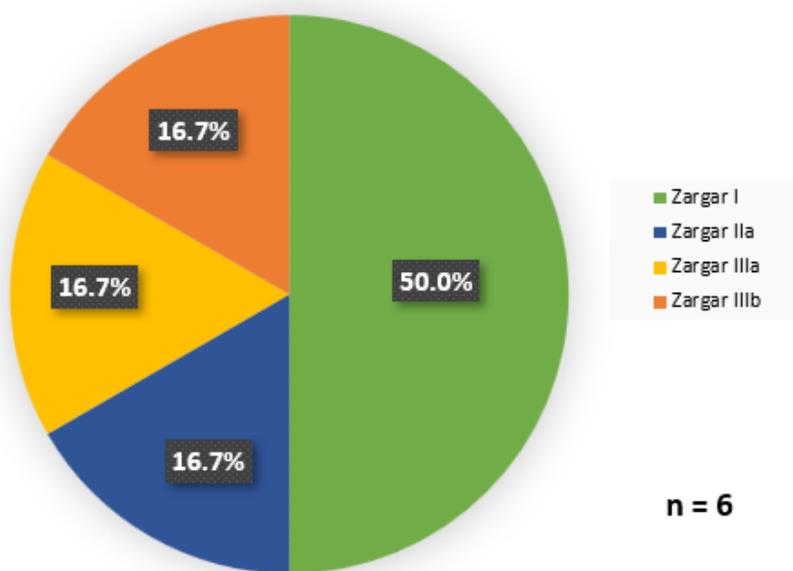
Faringe: Se identificó epiglotis eritematosa en 1 paciente (16.7%) y en los 5 casos restantes (83.3%) se encontraba normal. **(Gráfica 8).**

Gráfica 8. Frecuencia de hallazgos endoscópicos en faringe



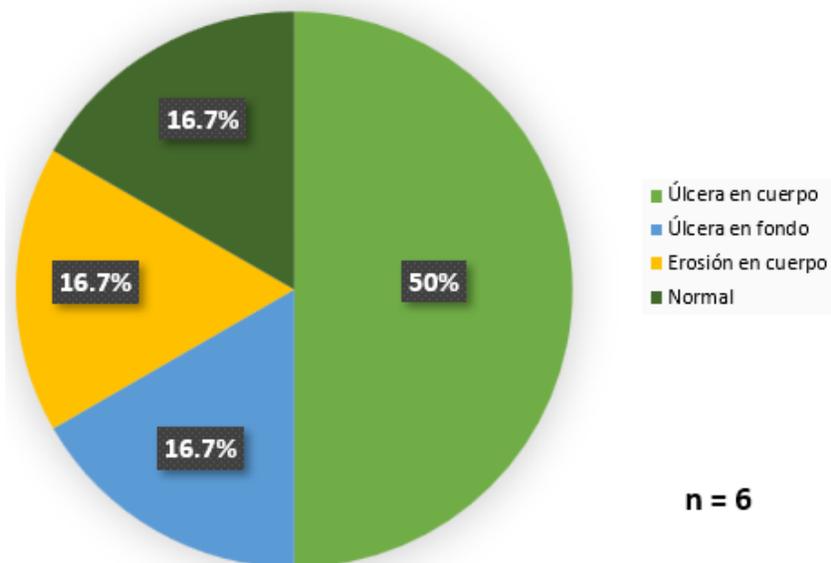
Esófago: Fueron clasificados 3 pacientes como Zargar I (50%), 1 caso Zargar IIa (16.7%), 1 Zargar IIIa (16.7%) y 1 (16.7%) Zargar IIIb. **(Gráfica 9).**

Gráfica 9. Frecuencia de hallazgos endoscópicos en esófago



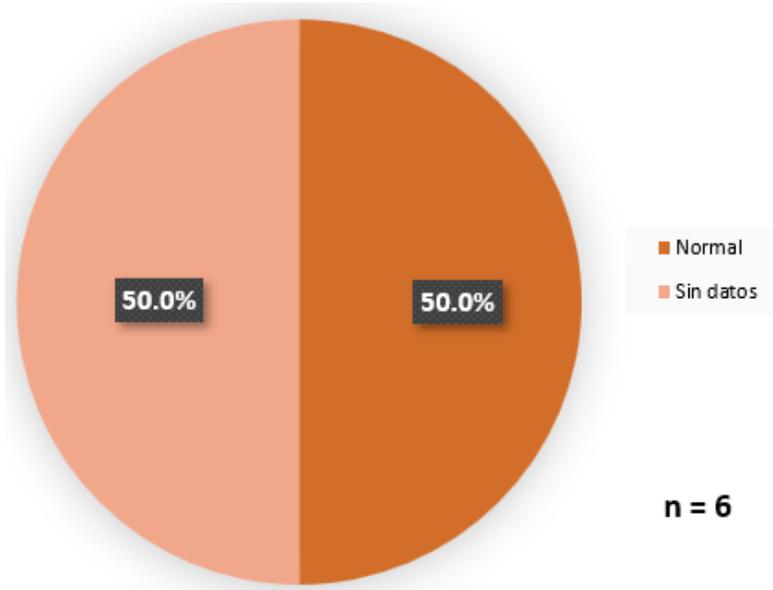
Estómago: Se identificó úlcera en cuerpo en 3 pacientes (50%), úlcera en fondo en 1 (16.7%), erosión en cuerpo en 1 (16.7%) y normal en 1 (16.7%). **(Gráfica 10).**

Gráfica 10. Frecuencia de hallazgos endoscópicos en estómago



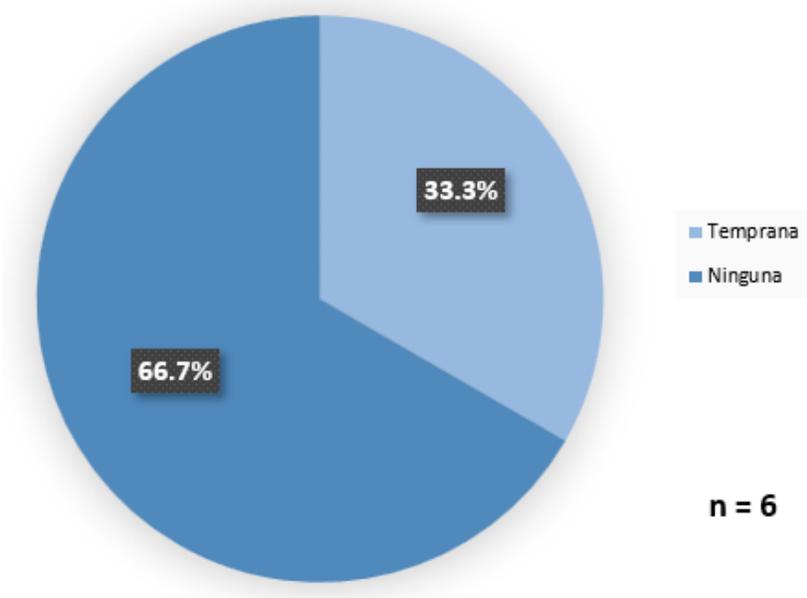
Duodeno: En 3 pacientes se reportó normal (50%) y en los otros 3 casos (50%) no se refiere. **(Gráfica 11).**

Gráfica 11. Frecuencia de hallazgos endoscópicos en duodeno

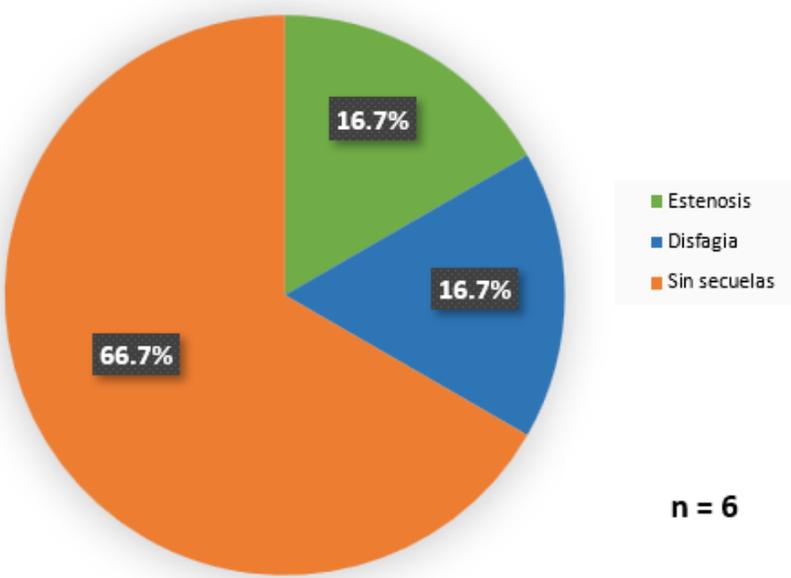


En cuanto a las complicaciones, solamente se identificaron en 2 pacientes (33.3%) y fue de tipo temprana (menor a 21 días). **(Gráfica 12)**. De los que presentaron complicación, en uno fue estenosis y en el otro caso fue disfagia (16.7% respectivamente), en los 4 restantes (66.7%) no se observaron secuelas. **(Gráfica 13)**. Además, en ningún paciente se identificaron complicaciones tardías (mayor a 21 días).

Gráfica 12. Frecuencia y tipo de complicaciones



Gráfica 13. Frecuencia de complicaciones tempranas



8. Discusión

La ingestión de baterías es un problema de salud pública en la población pediátrica, ya que la incidencia ha incrementado en las últimas décadas debido a la mayor disponibilidad y uso de baterías de botón en diversos productos para el hogar y juguetes que utilizan los niños, y además la trascendencia radica en las complicaciones que se generan posterior a la ingesta, (Litovitz, Whitaker, & Clark, 2010); por lo cual es relevante el describir las características demográficas, clínicas y de la evolución de los pacientes que permitan orientar el diagnóstico y las decisiones terapéuticas.

Dentro de las características demográficas, los resultados de este estudio son consistentes con Zipursky *et al.*, que reportan que la ingestión de baterías afecta principalmente a los niños menores de 6 años, especialmente a partir de los 2 años (62.2%) (Zipursky & Ratnapalan, 2021), y en términos de género, Jatana *et al.*, describe que existe predominio en los niños, comparado con las niñas (Jatana *et al.*, 2013).

Esto se puede explicar porque la etapa infantil es el período desarrollo y cambio, en el cual los niños exploran activamente su entorno para aprender sobre él, y una de las formas más comunes de exploración es a través de la boca (Villar *et al.*, 2019).

En cuanto a las características de la batería, los resultados concuerdan de igual forma con Litovitz *et al.*, quienes en su estudio reportan que las baterías de botón de litio de 20 mm son especialmente peligrosas debido a su carga eléctrica alta y al tamaño, el cual se ajusta perfectamente a la estrechez del esófago del paciente pediátrico, identificando que las baterías de litio de 20 mm causaron el 94% de las lesiones graves y todas las fatalidades en un conjunto de datos de 56,535 ingestas de baterías. (Litovitz, Whitaker, Clark, *et al.*, 2010). En nuestro estudio, la mayoría de los pacientes habían ingerido baterías de tamaño entre 10 a 19 mm (66.7%).

Referente a la atención médica, en este estudio trascurrieron menos de 12 horas desde la ingesta hasta la realización de la endoscopia en 66.7% de los pacientes y de 12 a 24 horas en 16.7%. Estos tiempos establecidos cobran importancia, ya que Costa *et al.*, reportan que uno de los factores que aumentan el riesgo de complicaciones es precisamente la búsqueda de atención médica posterior a 24 horas o más desde la ingesta (Costa *et al.*, 2014). Asimismo, el tiempo para la valoración y realización de la extracción es valioso, ya que se debe actuar lo más pronto posible para limitar los daños causados sobre la mucosa

gastrointestinal, principalmente en el esófago. Al respecto, Brumbaugh *et al.*, refieren que los retrasos en el diagnóstico y tratamiento de más de 2 horas pueden aumentar significativamente el riesgo de daño tisular y complicaciones graves, por lo cual se debe fortalecer la difusión y capacitación a los cuidadores de los menores, para el caso de sospechar de ingestión de baterías, buscar atención médica de forma inmediata y no aplicar ninguna medida previa que pueda complicar la evolución del paciente. (Brumbaugh *et al.*, 2011).

Con base en las manifestaciones clínicas, en este estudio 50% presentaron síntomas gastrointestinales, mientras que el resto se mantuvo asintomático, y los síntomas más relevantes fueron vómito (33.3%) y disfagia (16.7%). Las manifestaciones dependen de la localización de la batería, en este estudio fue principalmente en el estómago (66.7%) y con menor frecuencia en esófago (33.3%). Estos hallazgos son consistentes con Varga *et al.*, ya que los síntomas iniciales suelen ser inespecíficos, y a menudo incluyen náusea, vómito, tos, fiebre, disfagia, anorexia, sialorrea y dolor abdominal. (Varga *et al.*, 2018). Moore *et al.*, señalan que en los niños con ingestión de baterías, el esófago es un lugar común de impacto debido a su diámetro relativamente estrecho y a la presencia de estrecheces naturales a lo largo de su trayecto, en donde las baterías pueden quedar atrapadas, liberando sus componentes químicos y provocando daño tisular significativo si no se maneja rápidamente. (Moore *et al.*, 2014).

En relación al tratamiento, en nuestro estudio se realizó extracción del cuerpo extraño en todos los pacientes pediátricos por endoscopia, y los hallazgos por región anatómica más frecuentes fueron: epiglotis eritematosa (16.7%), esófago Zargar I (50%), úlcera en cuerpo (50%), se presentaron complicaciones de tipo temprana en 33.3% de tipo estenosis o disfagia. Esto concuerda con Kramer *et al.*, entorno a que una de las complicaciones más comunes de la ingestión de baterías es la estenosis esofágica, ya que en su estudio hasta el 28% de los pacientes con ingestión de baterías desarrollaron esta complicación, condición que puede causar disfagia, dolor torácico y pérdida de peso, que ameritan intervenciones terapéuticas más complejas y que impactan en la calidad a largo plazo de los pacientes (Kramer *et al.*, 2015).

Como parte de las fortalezas de este estudio, se encuentra que aporta información clínica y epidemiológica valiosa de la población atendida en este hospital para ser aplicada posteriormente en la valoración de pacientes con ingesta de batería y permitirá reforzar y establecer estrategias para difundir información a los cuidadores de los pacientes pediátricos enfatizando en la importancia de conocer las

medidas a seguir con la intención de limitar el daño en caso de ingesta de baterías. Dentro de las debilidades del estudio, se consideran las derivadas de los estudios de tipo transversal, ya que como la información se recolecta de forma retrospectiva, existe la probabilidad de introducir errores en el registro de información en los expedientes o que no se registren los datos de forma completa, limitando la comparación entre los pacientes y restando validez, por lo que los resultados deben ser tomados con cautela. Como parte de las sugerencias, este estudio puede servir de punto de partida para realizar futuras investigaciones que puedan contemplar un mayor tamaño de muestra y complementen nuestros hallazgos.

9. Conclusión

Considerando los objetivos planteados en el estudio, se establecen las siguientes conclusiones:

- Las características demográficas de los pacientes que ingirieron baterías de botón fue predominio del sexo masculino (66.7%), media de 41 meses y edad entre 25 a 60 meses (50%).
- Las manifestaciones clínicas fueron gastrointestinales en 50% de los casos, con vómito o disfagia, mientras que ningún paciente presentó síntomas respiratorios.
- Se realizó endoscopia en todos los casos, con media de tiempo transcurrido desde la ingesta hasta la extracción de 14.5 horas, menor a 12 horas en 66.7% y localizado en estómago en 66.7%. Se utilizó la radiografía de tórax para estimación del tamaño de la batería, el cual fue de 10 a 19 mm en 66.7%.
- Los hallazgos por región anatómica más frecuentes fueron: epiglotis eritematosa (16.7%), esófago Zargar I (50%), úlcera en cuerpo (50%). Y las complicaciones fueron de tipo temprana en 2 pacientes (33.3%) de tipo estenosis o disfagia.

10. Referencias

- Adigun, R., Basit, H., & Murray, J. (2023). Cell Liquefactive Necrosis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430935/>
- Agarwal, S. S., Shetty, D. S., Joshi, M. V., & Manwar, S. U. (2019). Tracheo-oesophageal fistula in a case of button battery ingestion: CT virtual bronchoscopy imaging. *BMJ Case Reports*, *12*(5), e229418.
<https://doi.org/10.1136/bcr-2019-229418>
- Anfang, R. R., Jatana, K. R., Linn, R. L., Rhoades, K., Fry, J., & Jacobs, I. N. (2019). PH-neutralizing esophageal irrigations as a novel mitigation strategy for button battery injury. *The Laryngoscope*, *129*(1), 49–57. <https://doi.org/10.1002/lary.27312>
- Arora, P., & Zhang, Z. J. (2004). Battery separators. *Chemical Reviews*, *104*(10), 4419–4462.
<https://doi.org/10.1021/cr020738u>
- Atlas, N., Sinclair, E. M., Simon, H. K., Riedesel, E. L., Figueroa, J., Kamat, P. P., & Santore, M. T. (2022). Management of esophageal button battery ingestions: Resource utilization and outcomes. *Pediatric Surgery International*, *38*(3), 473–478. <https://doi.org/10.1007/s00383-021-05058-y>
- Bauer, W., Çetinel, F. A., Müller, M., & Kaufmann, U. (2019). Effects of pH control by acid addition at the aqueous processing of cathodes for lithium ion batteries. *Electrochimica Acta*, *317*, 112–119.
<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.05.141>
- Bellaïche, M., Leblanc, V., Viala, J., & Jung, C. (2023). Oral exploration and food selectivity: A case-control study conducted in a multidisciplinary outpatient setting. *Frontiers in Pediatrics*, *11*, 1115787.
<https://doi.org/10.3389/fped.2023.1115787>
- Ben Hanan, Y., Landshman, N., Avni, I., Karsik, A., & Belkin, M. (1983). Indications for the role of the immune system in the pathogenesis of corneal alkali burns. *The British Journal of Ophthalmology*, *67*(9), 635–637. <https://doi.org/10.1136/bjo.67.9.635>

- Boutefnouchet, T., Moiemmen, N., & Papini, R. (2010). An Atypical Cause of Alkali Chemical Burn: A Case Report. *Annals of Burns and Fire Disasters*, 23(4), 216–218.
- Brown, J. V., & Fredrickson, W. T. (1977). The relationship between sucking and grasping in the human newborn: A precursor of hand-mouth coordination? *Developmental Psychobiology*, 10(6), 489–498. <https://doi.org/10.1002/dev.420100602>
- Brumbaugh, D. E., Colson, S. B., Sandoval, J. A., Karrer, F. M., Bealer, J. F., Litovitz, T., & Kramer, R. E. (2011). Management of button battery-induced hemorrhage in children. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 52(5), 585–589. <https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e3181f98916>
- Bulna, A., & Fifi, A. C. (2021). Endoscopic Evaluation for Stricture Formation Post Button Battery Ingestion. *Pediatric Reports*, 13(3), 511–519. <https://doi.org/10.3390/pediatric13030059>
- Byard, R. W. (2015). Caustic ingestion-a forensic overview. *Journal of Forensic Sciences*, 60(3), 812–815. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12741>
- Costa, L., Larangeiro, J., Pinto-Moura, C., & Santos, M. (2014). Foreign body ingestion: rare cause of cervical abscess. *Acta med Port*, 27(6), 743-748. <http://dx.doi.org/10.20344/amp.5371>
- Dondelinger, R. M. (2004). Batteries: From alkaline to zinc-air. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 38(2), 100–110. [https://doi.org/10.2345/0899-8205\(2004\)38\[100:BFATZ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2345/0899-8205(2004)38[100:BFATZ]2.0.CO;2)
- Dörterler, M. E. (2019). Clinical Profile and Outcome of Esophageal Button Battery Ingestion in Children: An 8-Year Retrospective Case Series. *Emergency Medicine International*, 2019, 3752645. <https://doi.org/10.1155/2019/3752645>
- Eliason, M. J., Ricca, R. L., & Gallagher, T. Q. (2017). Button battery ingestion in children. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 25(6), 520–526. <https://doi.org/10.1097/MOO.0000000000000410>

- Fagan, M. K., & Iverson, J. M. (2007). The Influence of Mouthing on Infant Vocalization. *Infancy : The Official Journal of the International Society on Infant Studies*, 11(2), 191–202.
- Frisén, J. (2016). Neurogenesis and Gliogenesis in Nervous System Plasticity and Repair. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 32, 127–141. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-111315-124953>
- Grotheer, M., Rosenke, M., Wu, H., Kular, H., Querdasi, F. R., Natu, V. S., Yeatman, J. D., & Grill-Spector, K. (2022). White matter myelination during early infancy is linked to spatial gradients and myelin content at birth. *Nature Communications*, 13(1), 997. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28326-4>
- Holland, D., Chang, L., Ernst, T. M., Curran, M., Buchthal, S. D., Alicata, D., Skranes, J., Johansen, H., Hernandez, A., Yamakawa, R., Kuperman, J. M., & Dale, A. M. (2014). Structural growth trajectories and rates of change in the first 3 months of infant brain development. *JAMA Neurology*, 71(10), 1266–1274. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2014.1638>
- Janik, J. S., Burrington, J. D., Wayne, E. R., & Foley, L. C. (1982). Alkaline battery ingestion. *Colorado Medicine*, 79(12), 404–405.
- Jatana, K. R., Litovitz, T., Reilly, J. S., Koltai, P. J., Rider, G., & Jacobs, I. N. (2013). Pediatric button battery injuries: 2013 task force update. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(9), 1392–1399. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.06.006>
- Jatana, K. R., Rhoades, K., Milkovich, S., & Jacobs, I. N. (2017). Basic mechanism of button battery ingestion injuries and novel mitigation strategies after diagnosis and removal. *The Laryngoscope*, 127(6), 1276–1282. <https://doi.org/10.1002/lary.26362>
- Jones, G. R. (1998). Coagulative necrosis: The forgotten way to die. *Biochemical Society Transactions*, 26(4), S321. <https://doi.org/10.1042/bst026s321>

- Kiefer, A., Duppel, U., Schützenmeier, A., Lang, T., Kittel, J., Kabesch, M., & Kerzel, S. (2023). Button Battery Ingestions cause the Majority of Severe Complications. *Klinische Padiatrie*, 235(2), 90–97. <https://doi.org/10.1055/a-2007-1686>
- Kramer, R. E., Lerner, D. G., Lin, T., Manfredi, M., Shah, M., Stephen, T. C., Gibbons, T. E., Pall, H., Sahn, B., McOmber, M., Zacur, G., Friedlander, J., Quiros, A. J., Fishman, D. S., Mamula, P., & North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Endoscopy Committee. (2015). Management of ingested foreign bodies in children: A clinical report of the NASPGHAN Endoscopy Committee. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 60(4), 562–574. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000729>
- Krom, H., Visser, M., Hulst, J. M., Wolters, V. M., Van den Neucker, A. M., de Meij, T., van der Doef, H. P. J., Norbruis, O. F., Benninga, M. A., Smit, M. J. M., & Kindermann, A. (2018). Serious complications after button battery ingestion in children. *European Journal of Pediatrics*, 177(7), 1063–1070. <https://doi.org/10.1007/s00431-018-3154-6>
- Linden, D., & Reddy, T. (2011). *Handbook of batteries* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Litovitz, T., Whitaker, N., & Clark, L. (2010). Preventing battery ingestions: An analysis of 8648 cases. *Pediatrics*, 125(6), 1178–1183. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3038>
- Litovitz, T., Whitaker, N., Clark, L., White, N. C., & Marsolek, M. (2010). Emerging battery-ingestion hazard: Clinical implications. *Pediatrics*, 125(6), 1168–1177. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3037>
- Little, D. C., Shah, S. R., St Peter, S. D., Calkins, C. M., Morrow, S. E., Murphy, J. P., Sharp, R. J., Andrews, W. S., Holcomb, G. W., Ostlie, D. J., & Snyder, C. L. (2006). Esophageal foreign bodies in the pediatric population: Our first 500 cases. *Journal of Pediatric Surgery*, 41(5), 914–918. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2006.01.022>
- Liu, Y., Zhang, R., Wang, J., & Wang, Y. (2021). Current and future lithium-ion battery manufacturing. *IScience*, 24(4), 102332. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102332>

- Logemann, J. A. (1988). Swallowing physiology and pathophysiology. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 21(4), 613–623.
- Lorenzo, C., Azevedo, S., Lopes, J., Fernandes, A., Loreto, H., Mourato, P., & Lopes, A. I. (2022). Battery Ingestion in Children, an Ongoing Challenge: Recent Experience of a Tertiary Center. *Frontiers in Pediatrics*, 10, 848092. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.848092>
- Martinez-Morga, M., & Martinez, S. (2017). [Neuroplasticity: Synaptogenesis during normal development and its implication in intellectual disability]. *Revista De Neurologia*, 64(s01), S45–S50.
- Matsuo, K., & Palmer, J. B. (2008). Anatomy and Physiology of Feeding and Swallowing – Normal and Abnormal. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 19(4), 691–707. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2008.06.001>
- Maves, M. D., Carithers, J. S., & Birck, H. G. (1984). Esophageal burns secondary to disc battery ingestion. *The Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology*, 93(4 Pt 1), 364–369. <https://doi.org/10.1177/000348948409300416>
- Moore, K., L., Dalley Arthur, & Agur, M. (2014). *Clinically Oriented Anatomy* (7th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Mubarak, A., Benninga, M. A., Broekaert, I., Dolinsek, J., Homan, M., Mas, E., Miele, E., Pienar, C., Thapar, N., Thomson, M., Tzivinikos, C., & de Ridder, L. (2021). Diagnosis, Management, and Prevention of Button Battery Ingestion in Childhood: A European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition Position Paper. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 73(1), 129–136. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000003048>
- Namasivayam, S. (1999). Button battery ingestion: A solution to a management dilemma. *Pediatric Surgery International*, 15(5–6), 383–384. <https://doi.org/10.1007/s003830050605>
- Needham, A., Barrett, T., & Peterman, K. (2002). A pick-me-up for infants' exploratory skills: Early simulated experiences reaching for objects using 'sticky mittens' enhances young infants' object

- exploration skills. *Infant Behavior and Development*, 25(3), 279–295.
[https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(02\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(02)00097-8)
- Ngu, N. L. Y., Karp, J., & Taylor, K. (2023). Patient characteristics, outcomes and hospital-level healthcare costs of foreign body ingestion from an Australian, non-prison referral centre. *BMJ Open Gastroenterology*, 10(1), e001087. <https://doi.org/10.1136/bmjgast-2022-001087>
- Park, H. J. (1995). Effects of intracellular pH on apoptosis in HL-60 human leukemia cells. *Yonsei Medical Journal*, 36(6), 473–479. <https://doi.org/10.3349/ymj.1995.36.6.473>
- Park, S.-J., & Burns, H. (2022). Button battery injury: An update. *Australian Journal of General Practice*, 51(7), 471–475. <https://doi.org/10.31128/AJGP-03-21-5873>
- Rochat, P. (1987). Mouthing and grasping in neonates: Evidence for the early detection of what hard or soft substances afford for action. *Infant Behavior and Development*, 10(4), 435–449.
[https://doi.org/10.1016/0163-6383\(87\)90041-5](https://doi.org/10.1016/0163-6383(87)90041-5)
- Semple, T., Calder, A. D., Ramaswamy, M., & McHugh, K. (2018). Button battery ingestion in children—A potentially catastrophic event of which all radiologists must be aware. *The British Journal of Radiology*, 91(1081), 20160781. <https://doi.org/10.1259/bjr.20160781>
- Sethia, R., Gibbs, H., Jacobs, I. N., Reilly, J. S., Rhoades, K., & Jatana, K. R. (2021). Current management of button battery injuries. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 6(3), 549–563.
<https://doi.org/10.1002/lio2.535>
- Sharpe, S. J., Rochette, L. M., & Smith, G. A. (2012). Pediatric battery-related emergency department visits in the United States, 1990–2009. *Pediatrics*, 129(6), 1111–1117.
<https://doi.org/10.1542/peds.2011-0012>
- Song, L., Zhou, T., & Jope, R. S. (2004). Lithium facilitates apoptotic signaling induced by activation of the Fas death domain-containing receptor. *BMC Neuroscience*, 5, 20. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-5-20>

- Teece, S., & Mackway-Jones, K. (2005). Best evidence topic report. Serial x rays in battery ingestion. *Emergency Medicine Journal: EMJ*, 22(8), 561. <https://doi.org/10.1136/emj.2005.027516>
- Templeton, T. W., Terry, B. J., Pecorella, S. H., & Downard, M. G. (2020). Button Battery Ingestion: A True Surgical and Anesthetic Emergency. *Anesthesiology*, 132(3), 581. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003019>
- Tian, Y., Zhang, C., Yu, G., Hu, X., Pu, Z., & Ma, L. (2018). Influencing factors of the neurodevelopment of high-risk infants. *General Psychiatry*, 31(3), e100034. <https://doi.org/10.1136/gpsych-2018-100034>
- Townsend, J. A., & Curran, R. (2016). Oral Exposure of a Child to a Lithium Ion Battery. *Journal of Dentistry for Children (Chicago, Ill.)*, 83(1), 42–45.
- Varga, Á., Kovács, T., & Saxena, A. K. (2018). Analysis of Complications After Button Battery Ingestion in Children. *Pediatric Emergency Care*, 34(6), 443–446. <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000001413>
- Villar, J., Fernandes, M., Purwar, M., Staines-Urias, E., Di Nicola, P., Cheikh Ismail, L., Ochieng, R., Barros, F., Albernaz, E., Victora, C., Kunnawar, N., Temple, S., Giuliani, F., Sandells, T., Carvalho, M., Ohuma, E., Jaffer, Y., Noble, A., Gravett, M., ... Kennedy, S. (2019). Neurodevelopmental milestones and associated behaviours are similar among healthy children across diverse geographical locations. *Nature Communications*, 10(1), 511. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07983-4>
- Voelker, J., Voelker, C., Voelker, J., Engert, J., Schendzielorz, P., Hagen, R., & Rak, K. (2021). Button batteries and typical swallowed foreign bodies can be differentiated in high-resolution X-Rays. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 142, 110604. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2020.110604>

- Wallace, B., Landman, M. P., Prager, J., Friedlander, J., & Kulungowski, A. M. (2017). Button battery ingestion complications. *Journal of Pediatric Surgery Case Reports*, *19*, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.epsc.2016.12.009>
- Winter, M., & Brodd, R. J. (2004). What are batteries, fuel cells, and supercapacitors? *Chemical Reviews*, *104*(10), 4245–4269. <https://doi.org/10.1021/cr020730k>
- Yang, H., Zhang, T., Chen, D., Tan, Y., Zhou, W., Li, L., Li, W., Li, G., Han, W., Fan, H. J., & Chao, D. (2023). Protocol in Evaluating Capacity of Zn-Mn Aqueous Batteries: A Clue of pH. *Advanced Materials (Deerfield Beach, Fla.)*, *35*(24), e2300053. <https://doi.org/10.1002/adma.202300053>
- Zipursky, A. R., & Ratnapalan, S. (2021). Button battery ingestions in children. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal*, *193*(38), E1498. <https://doi.org/10.1503/cmaj.210572>