

Lección 9. QUEMADURAS QUÍMICAS



Las quemaduras químicas son secundarias al contacto con la superficie cutánea y los ojos, o bien a la inhalación o la ingestión de más de 25.000 agentes químicos o caústicos utilizados habitualmente en la industria, la agricultura, la investigación científica, la defensa militar e, incluso en el medio doméstico que, en la mayoría de los casos requieren tratamiento médico y/o quirúrgico.



En el medio doméstico no se suele conocer el potencial lesivo de éstas sustancias, en tanto que en la industria suele ser subestimado y los trabajadores no siguen estrictamente las normas de protección. Las quemaduras químicas de origen ocupacional suelen ser producidas por ácidos y afectan en mayor proporción a las extremidades superiores y de los ojos, seguido de las extremidades inferiores y del tórax.



Otra situación etiológica relativamente frecuente en determinados medios son las agresiones en el medio doméstico por disputas familiares, en particular los ataques con ácidos a mujeres que cursan con graves secuelas estéticas, desfiguración facial e incluso ceguera que, a pesar de realizar múltiples intervenciones reconstructivas no consiguen la recuperación total de éstas víctimas.

En la mayoría de las víctimas de éstas agresiones son devastadoras. Los párpados protegen la superficie ocular anterior de las agresiones externas y de la sequedad al distribuir las lagrimas sobre la superficie de la cornea. La piel de los párpados es la más delgada del cuerpo ($<1\text{mm}$), por eso cuando se lesiona por un ataque con ácidos cursa con cicatrices hipertróficas y contracturas y pierde su función protectora sobre el ojo, lo cual se suma a la acción directa del agente químico, comportando frecuentemente la pérdida de la visión e incluso la perforación del globo ocular.



Víctima de un ataque con ácido sulfúrico. Destrucción completa del ojo izquierdo, afectación bilateral de los párpados, la boca, la zona anterior del cuello y la parte superior del tórax, la parte externa de la oreja derecha y estenosis de los orificios nasales.



Afectación extensa en ésta paciente de la parte superior del tórax, de las mamas y de las extremidades superiores



Afectación de la parte posterior del cuello, de la parte externa de la oreja derecha y de la espalda. El patrón "rayado" de la agresión química en el flanco y en la región distal de la espalda que muestra ésta paciente es característica de un ataque químico.

La inestabilidad en algunas áreas del mundo es la causa de frecuentes conflictos armados en los que ha aumentado la utilización y la amenaza de armas químicas, como el Fósforo blanco o el gas mostaza.



Aunque las quemaduras químicas sólo representan el 3% de todos los tipos de quemaduras, cursan con una morbilidad muy importante (el

55% precisan tratamiento quirúrgico), generalmente afectan a zonas como la cara, el tórax o las manos, con las consiguientes secuelas estéticas y deficit funcionales y, en algunas series producen una mortalidad de un 30%.



Paciente que intentó eliminar un tatuaje con un producto químico.

FISIOPATOLOGÍA

El organismo tiene muy pocos mecanismos protectores y de reparación cuando sufre quemaduras térmicas, eléctricas, químicas o por radiaciones ionizantes. La desnaturalización de las proteínas es un efecto común de todos los tipos de quemaduras, pero las quemaduras químicas tienen algunas diferencias importantes respecto de las térmicas. En primer lugar, las lesiones tisulares por agentes químicos progresan durante un prolongado período de tiempo después de la exposición inicial porque la sustancia química sigue actuando sobre los tejidos, por ello su gravedad es mayor y secuelas a largo plazo son frecuentes

También son frecuentes las diferencias bioquímicas. La estructura de las proteínas biológicas implica no solo una secuencia específica de aminoácidos, sino también una estructura tridimensional que depende de fuerzas muy débiles, como son los puentes de

Hidrógeno o las fuerzas de Van der Waal. Estas estructuras tridimensionales son claves para la actividad biológica de las proteínas y son fácilmente distorsionadas por factores externos. La aplicación de calor o de agentes químicos, especialmente si cambian el pH, puede causar que dichas estructuras se rompan.



En las quemaduras térmicas se produce una rápida coagulación de las proteínas por reacciones de enlaces químicos cruzados estables, intra- o intermoleculares, no programados, en tanto que en las quemaduras químicas la destrucción de las proteínas progresa por otros mecanismos, principalmente por hidrólisis. Estos mecanismos pueden continuar todo el tiempo durante el cual aún pequeñas trazas del agente agresor esté presente, en particular en zonas profundas. Además, las sustancias químicas pueden actuar de forma sistémica si sus componentes acceden a la circulación sanguínea.

La **gravedad** de las quemaduras químicas depende de:

- la concentración
- la cantidad del agente químico
- la duración del contacto cutáneo
- la penetración y
- su mecanismo de acción.

Las **quemaduras químicas se clasifican** según su mecanismo de acción sobre la piel y por su tipo. Existen **seis mecanismos de acción de los agentes químicos** sobre los sistemas biológicos:

1. *Oxidación*: la desnaturalización de las proteínas se produce por la inserción de un átomo de Oxígeno, Sulfuro o un halógeno en proteínas corporales viables (hipoclorito sódico, permanganato de potasio y ácido crómico).
2. *Reducción*: los agentes reductores actúan uniéndose a electrones libres presentes en las proteínas tisulares. Una reacción química también puede producir calor, induciéndose así una lesión mixta. Entre los agentes químicos que actúan por reducción se encuentran el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y los componentes del alquil mercurio.
3. *Corrosión*: Causan la desnaturalización proteica por contacto y tienden a producir escaras blandas que pueden progresar a úlceras superficiales. Ejemplos de agentes corrosivos son los fenoles, el hipoclorito sódico y el fósforo blanco.
4. *Venenos protoplásmicos*: Producen sus efectos al formar ésteres con las proteínas o al unirse o inhibir el calcio u otras iones orgánicos necesarios para la viabilidad y la función tisular. Ejemplos de formadores de ésteres son el ácido fórmico y el ácido acético y de inhibidores, el ácido oxálico y el ácido fluorhídrico.
5. *Vesicantes*: producen isquemia con necrosis anóxica en la zona de contacto y se caracterizan por producir ampollas o flictenas. Incluyen el gas mostaza, el dimetil-sulfóxido y la Lewisita.
6. *Desecantes*: Estas sustancias lesionan los tejidos por deshidratación. La lesión suele aumentar por la producción de calor, ya que estas reacciones suelen ser exotérmicas. En este grupo se incluyen los ácidos sulfúrico y muriático (clorhídrico concentrado).

<i>Mecanismo de acción</i>	<i>Agente químico</i>
OXIDACIÓN	Hipoclorito sódico Permanganato potásico Ácido Crómico
REDUCCIÓN	Ácido Clorhídrico Ácido Nítrico Compuestos de Alquil-mercurio
CORROSIÓN	Fenoles Hipoclorito sódico Fósforo blanco
VENENOS PROTOPLÁSMICOS	Ácido Fórmico Ácido Acético Ácido Oxálico Ácido Fluorhídrico
VESICANTES	Gas mostaza Dimetil-sulfóxido Lewisita
DESECANTES	Ácido Sulfúrico Ácido Muriático (ClH concentrado)



Quemaduras por ácido fórmico (a y b). La irrigación precoz copiosa con agua se mantuvo durante una hora. Ambas corneas fueron afectadas e inmediatamente exploradas por un Oftalmólogo. (c) Después de dos semanas de tratamiento tópico con crema de Sulfadiacina argéntica, las áreas frontal, nasal y periorbitaria, con afectación especial de los párpados, no habían epitelizado todavía. (d) Aunque éstas áreas recibieron injertos y se mantuvo una tarsorrafia temporal durante dos semanas, el paciente desarrolló un ectropión en los cuatro párpados.

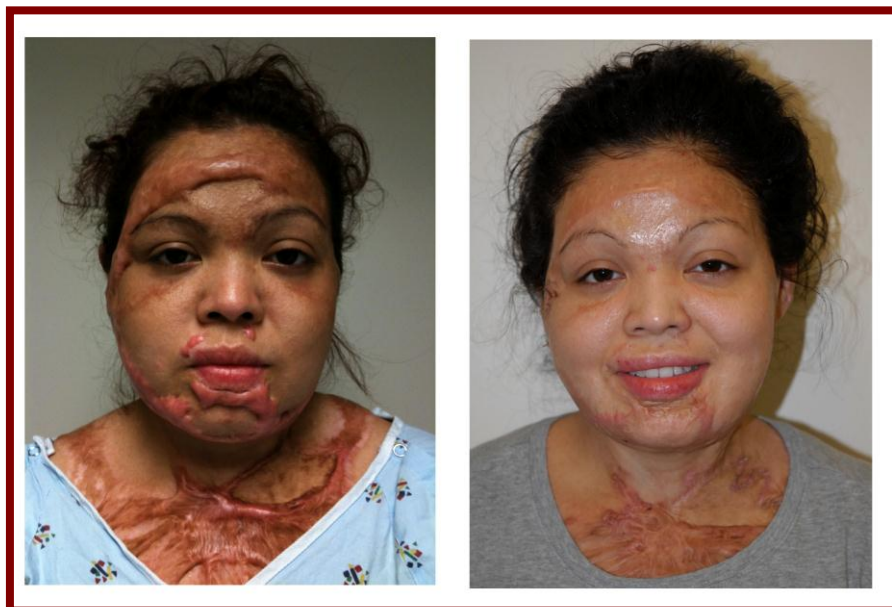
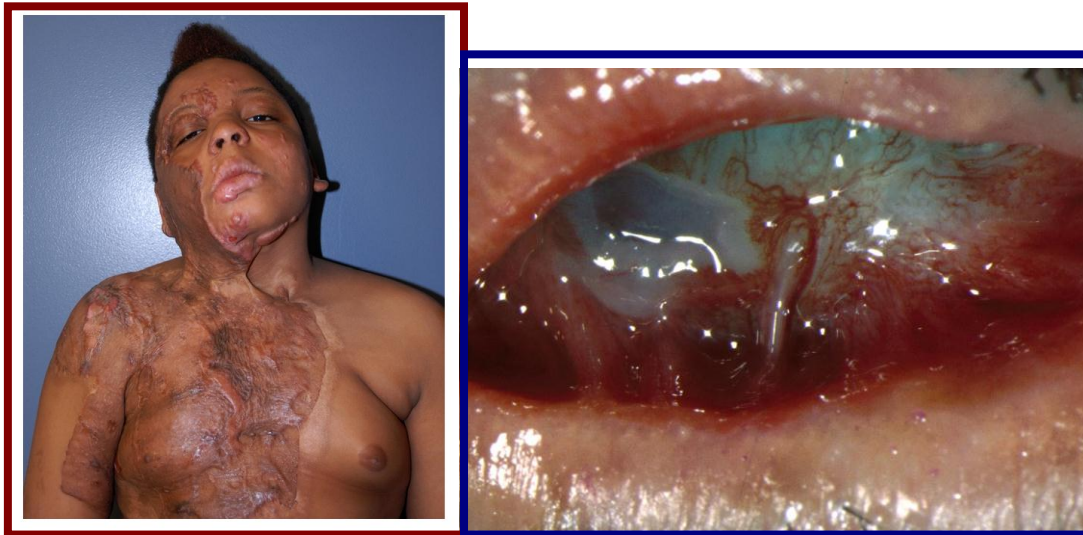
La clasificación de éstas quemaduras en función del **tipo de agente químico** se basa en las reacciones químicas que los agentes inician. La capacidad para cambiar el pH y su concentración son las características más importantes de las sustancias químicas tóxicas. Aunque los mecanismos de acción de los ácidos y los álcalis son

diferentes, las lesiones tisulares que producen son similares. Se consideran cuatro tipos de sustancias químicas tóxicas:

1. *Ácidos* (SO_4H_2 , ClH , ácido fluorhídrico, tricloroacético), son donantes de protones, que liberan iones de Hidrógeno y reducen el pH desde 7 hasta valores próximos a 0. Los ácidos con pH inferior a 2 pueden producir necrosis por coagulación al contactar con la piel. Un mejor predictor que únicamente el pH es la cantidad de álcali necesario para aumentar el pH de un ácido hasta alcanzar la neutralidad.
2. *Bases* (cal o hidróxido cálcico, amoníaco (NH_4), cemento), aceptores de protones, que captan iones Hidrógeno de grupos amino y de grupos carboxílicos protonados. Los álcalis con pH superior a 11.5 producen una lesión tisular grave mediante necrosis por licuefacción. La licuefacción destruye planos tisulares y permite una penetración más profunda del agente tóxico. Por ésta razón, las quemaduras por álcalis tienden a ser más graves que las causadas por ácidos.
3. *Soluciones orgánicas*, que actúan disolviendo la membrana lipídica de las células y rompen la estructura proteica celular.
4. *Soluciones inorgánicas*, que lesionan la piel por unión directa y formación de sales.

Hay que tener en cuenta, además, que todas éstas reacciones químicas pueden acompañarse de exotermia, lo cual contribuye también a las lesiones tisulares.

Si no se tratan adecuadamente, las quemaduras químicas pueden producir úlceras profundas, muy dolorosas, con tendencia a infectarse y que cicatrizan lentamente, siendo frecuentes las cicatrices patológicas y antiestéticas y las opacidades corneales.



Las sustancias químicas tóxicas, al actuar sobre los tejidos producen reacciones químicas que:

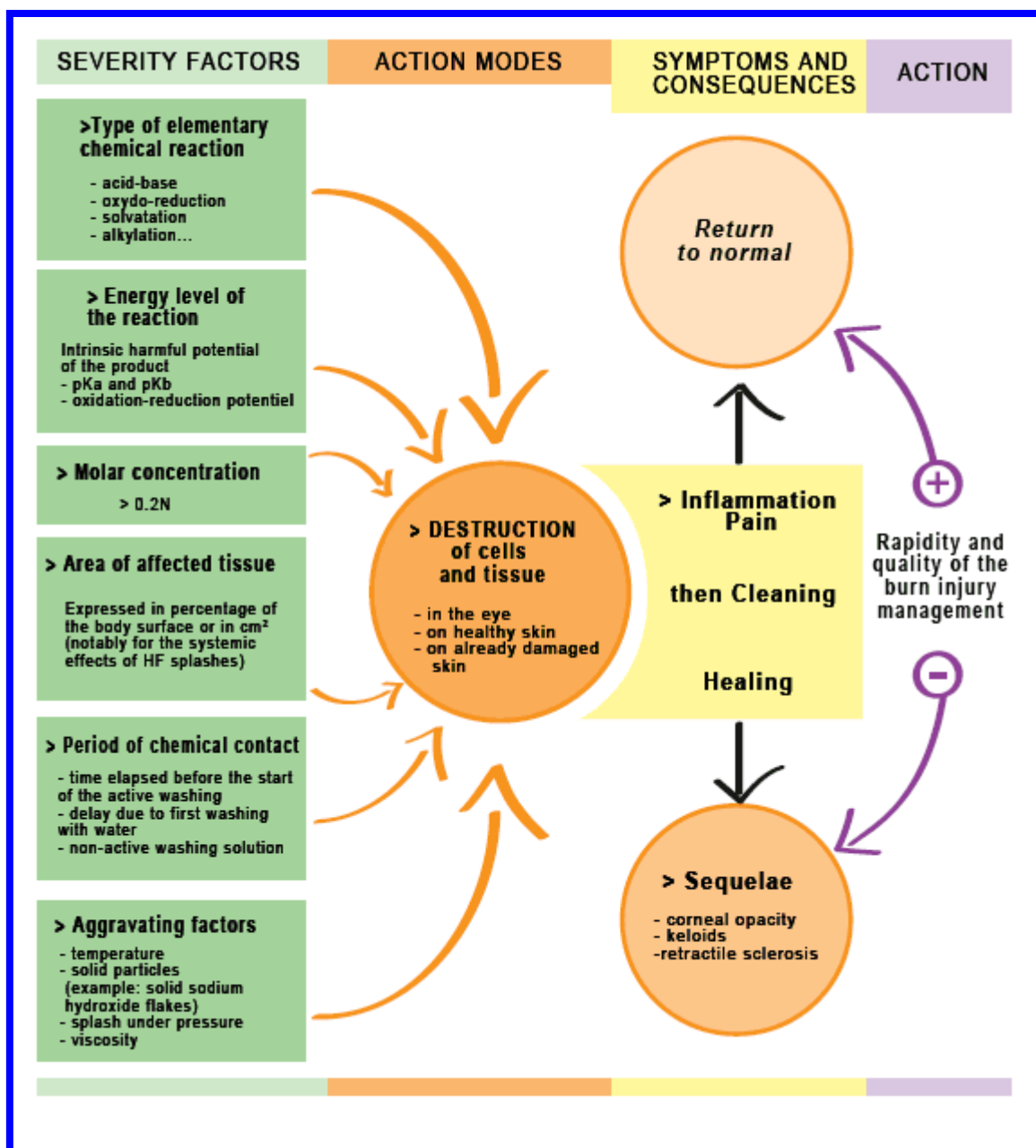
1. desnaturalizan las proteínas porque rompen su estructura o forman sales al combinarse con ellas,
2. saponifican las grasas, con ruptura de las membranas celulares y
3. por su efecto calorífico, deshidratan las células.

El resultado final de éstas alteraciones es la lisis celular (necrosis).

La acción de los agentes químicos sobre la superficie cutánea induce una respuesta inflamatoria con aumento de la expresión, tanto por los queratinocitos, como por las células endoteliales de los vasos cutáneos, de moléculas de adhesión leucocitaria, principalmente:

- ICAM-1 (*intercellular adhesion molecule 1*)
- Selectina E (ELAM: *endothelial leukocyte molecule 1*) y
- VCAM-1 (*Vascular cell adhesion molecule*)

Como consecuencia, se produce la migración transendotelial de células inflamatorias y, en particular de PMNs, que son las células que median fundamentalmente éste tipo de inflamación.



Además de su efecto local, algunas sustancias químicas ejercen efectos sistémicos al absorberse a través de la superficie cutánea o del epitelio respiratorio, si son inhalados, como por ejemplo el amoníaco o el cemento que producen una insuficiencia respiratoria, o del epitelio digestivo si son ingeridas.

TRATAMIENTO GENERAL DE LAS QUEMADURAS QUÍMICAS

El protocolo ABC de asistencia de urgencias a los politraumatizados y a los quemados graves es obligado si el paciente, además de quemaduras químicas locales, sufre afectación sistémica.



Paciente con el 40% de su superficie corporal quemada por un producto químico. Debe aplicarsele el protocolo ABC de asistencia a traumatizados y quemados graves.

Las medidas iniciales son vitales para impedir el progreso de las quemaduras químicas independientemente del agente etiológico:

- eliminar el agente químico
- tratamiento de la toxicidad sistémica si el producto químico provoca efectos secundarios generalizados
- medidas de soporte general
- terapias específicas para algunos productos químicos
- tratamiento local de las quemaduras (si es relevante en éste estadio, dependiendo de la naturaleza del agente químico causal, ej. el ácido Fluorhídrico).

1. ***Eliminación del agente químico***

La duración del contacto del producto con la piel es el determinante básico de la gravedad de la lesión. Las quemaduras químicas se caracterizan porque la destrucción tisular progresa mientras el agente agresor está presente. Por ello, es clave la eliminación inmediata del producto químico. Hay que quitar la ropa y proceder al lavado copioso y prolongado en el lugar del accidente con agua ya que ésta es la única medida que disminuye la profundidad de la quemadura y la duración de la estancia hospitalaria



El agua se permite que caiga directamente al suelo o que se vaya eliminando y no se quede estancada, porque de lo contrario podría lesionar zonas corporales previamente no expuestas al tóxico o, incluso agravar las lesiones preexistentes. El ANSI Z-358.1-1998 es un equipo estandar para realizar esta decontaminación con agua en quemaduras químicas de la piel y de los ojos. El lavado diluye y elimina el producto químico de la piel y ayuda a corregir los efectos higroscópicos (capacidad de absorber o exhalar humedad) que algunos agentes químicos ejercen sobre los tejidos. El lavado ejerce menos efecto sobre el cambio del pH tisular. Períodos de lavado

desde 20 minutos hasta 2 horas son precisos para conseguir un pH entre 5 y 11.



Aunque el lavado abundante con agua es utilizada para prácticamente todas las quemaduras químicas, existen algunas excepciones importantes en las cuales esta medida terapéutica está **contraindicada** porque se produce una reacción exotérmica cuando se combinan con el agua y, en otros casos los productos químicos son insolubles en agua:

- el Fenol es insoluble en agua y debe ser primero eliminado de la superficie cutánea con esponjas impregnadas en agentes solubilizantes, como el polietileno-glicol al 50%.
- la cal seca contiene Óxido de Calcio, que reacciona con el agua para formar Hidróxido de Calcio, un álcali muy lesivo. Por lo tanto, el polvo de cal hay que eliminarlo antes de proceder al lavado con agua de la lesión.
- El ácido Muriático y el ácido sulfúrico concentrado producen mucho calor cuando se combinan con agua. Estos dos agentes químicos deben ser neutralizados con jabón o agua de cal antes del lavado.

- El Chlorox debe antagonizarse antes de la irrigación con agua mediante un lavado con leche, o con clara de huevo en Tiosulfato sódico al 1%.

2. **Agentes neutralizantes**

Aunque la mayoría de los autores consideran que la medida terapéutica clave tras la exposición a ácidos y álcalis es la dilución y no la neutralización, teóricamente se puede realizar una **neutralización química** utilizando un antídoto específico para cada tipo de agente etiológico, pero generalmente la reacción química que se establece genera gran cantidad de calor y puede agravarse la lesión. Además, los agentes neutralizantes pueden por sí mismos causar toxicidad. Su utilización también se ha propuesto después de una recontaminación inicial copiosa con agua, seguida por la neutralización y una segunda decontaminación con abundante agua.

En Europa ya hace años que se está utilizando **Difoterina** para la decontaminación de la piel y de los ojos. Difoterina es un polvo hidrosoluble manufacturado por unos laboratorios franceses y se proporciona preparado para disolver en agua y es esterilizado por autoclavado. Es polivalente (se une activamente a múltiples sustancias), anfótero (moléculas que pueden reaccionar como ácido o como base), hipertónico, es una molécula quelante con sitios de unión activos para ácidos, bases, agentes oxidantes, reductores, vesicantes, lacrimatosos, irritantes, solventes, etc. Su utilización ha demostrado recientemente que previene o reduce la gravedad de las quemaduras, disminuye rápidamente el dolor y se requieren menos cuidados médicos o quirúrgicos que cuando se realiza la decontaminación con agua y precisa menos tiempo para ser efectivo.

2. **Soporte general, estimación de la quemadura y tratamiento local**

Se aplican los principios generales de asistencia general de los pacientes traumatizados (protocolo ABC).

Las alteraciones del pH son las mayores complicaciones sistémicas. Por ello, se deben analizar electrolitos sanguíneos y gasometrías arteriales hasta que se consigue la estabilización metabólica del paciente.

Chemical burn treatment in the MIB

- For MOST chemical burns, washing under running water for 20 minutes will be sufficient.
- **HOWEVER**, if it is a major spill/large burn, **DIPHOTERINE** should be used (in most situations).
- We have a different specific treatment for **HYDROFLUORIC ACID** (detailed later)
- **DIPHOTERINE USE IN MIB**
- Chemistry labs - diphoterine eye washes and sprays available in first aid kits
- Keep one next to you when doing the experiment (put back in first aid kit after use)
- Large diphoterine kit kept in 2.031
- For large chemical burn:
 - Start using diphoterine in lab
 - Call for help (and a first aider)
 - Send someone to collect large kit
 - Call for ambulance + keep rinsing with diphoterine



Diphoterine
eyewash



Diphoterine kit
(in 2.031)



Diphoterine
spray

Cualquier paciente que ha recibido un lavado copioso con agua para diluir adecuadamente el tóxico químico está en riesgo potencial de sufrir hipotermia. Es importante evitar ésta complicación manteniendo la temperatura de la habitación entre 28 y 31°C y la temperatura del agua que se utiliza para el lavado debe ser lo más cercana posible a la temperatura corporal.

El diagnóstico clínico de la profundidad y de la extensión de las quemaduras químicas es difícil por la coloración "bronceada" anormal y por las propiedades anestésicas de algunos agentes. A veces una

quemadura química significativamente profunda puede parecer superficial.

Siguiendo al lavado y el desbridamiento de las flictenas, las quemaduras químicas serán tratadas igual que las quemaduras térmicas. Se pueden cubrir con agentes quimioterapéuticos, cremas o apósitos. Además, se debe realizar la excisión del tejido necrosado, seguido de su cobertura con injertos tan pronto como sea posible.

Los ojos suelen ser afectados frecuentemente por quemaduras químicas. Incluso muy pequeños volúmenes de un fluido muy corrosivo puede producir lesiones oculares graves. En éstos casos se debe consultar inmediatamente a un Oftalmólogo. Se recomienda que la irrigación del ojo con agua se inicie lo antes posible y por largos períodos de tiempo (0.5-1hora). Parece que la Difoterina consigue mejorar la curación de la cornea cuando consigue interrumpir la actividad del producto químico implicado..

4. Toxicidad sistémica y lesión por inhalación

Los médicos que atienden a éstos pacientes deben tener en cuenta la posible toxicidad secundaria a la absorción sistémica del producto químico. La toxicidad del ácido Fluorhídrico incluye hipocalcemia y fibrilación ventricular. La absorción de ácido Fórmico puede inducir hemólisis intravascular, fracaso renal y pancreatitis necrotizante. La toxicidad sistémica es menos frecuente con otros productos químicos, aunque los agentes orgánicos y los productos químicos disueltos en hidrocarburos pueden producir disfunción hepática.

Las lesiones respiratorias pueden también asociarse a las quemaduras químicas cuando se inhala humo o el químico se administra en aerosol. Se tratan igual que las lesiones del Síndrome de Inhalación de Humo, con protección de la vía aérea, oxigenoterapia por ventilación mecánica con presión espiratoria final positiva y fisioterapia respiratoria intensiva. El pronóstico es malo en los casos moderados y graves con rápida progresión a Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo.

Además, otras **medidas generales** para el tratamiento de las Quemaduras Químicas son:

- Se debe administrar profilaxis antitetánica
- Elevar las extremidades quemadas para reducir el edema.
- Tratamiento del dolor, si es moderado con anti-inflamatorios no esteroideos o con acetaminofen y, si es grave, hay que añadir un opioide.
- Vigilancia y reevaluación y, si no curan en 7-10 días, es que se trataba de lesiones más profundas o bien, se han infectado, en cuyo caso es preciso su tratamiento por un especialista o una Unidad de Quemados.

QUEMADURAS QUÍMICAS POR AGENTES ESPECÍFICOS

Existen diversos agentes químicos, la mayoría utilizados en la industria, que potencialmente pueden causar lesiones tisulares cuando contactan o son inhalados o ingeridos por el ser humano.

1. *Quemaduras por cemento*

El cemento se utiliza mucho en todo el mundo, tanto por amateurs como por trabajadores profesionales. El cemento tienen muchos componentes: el Óxido de Calcio constituye el 65% en peso de las mezclas más comunes y actúa de forma dual, como desecante y como álcali. El efecto lesivo deriva de la acción del ión hidroxilo, originado cuando el Óxido de Calcio se expone al agua, convirtiéndose en hidróxido cálcico.



El cemento al contactar con la piel la lesiona por tres mecanismos:

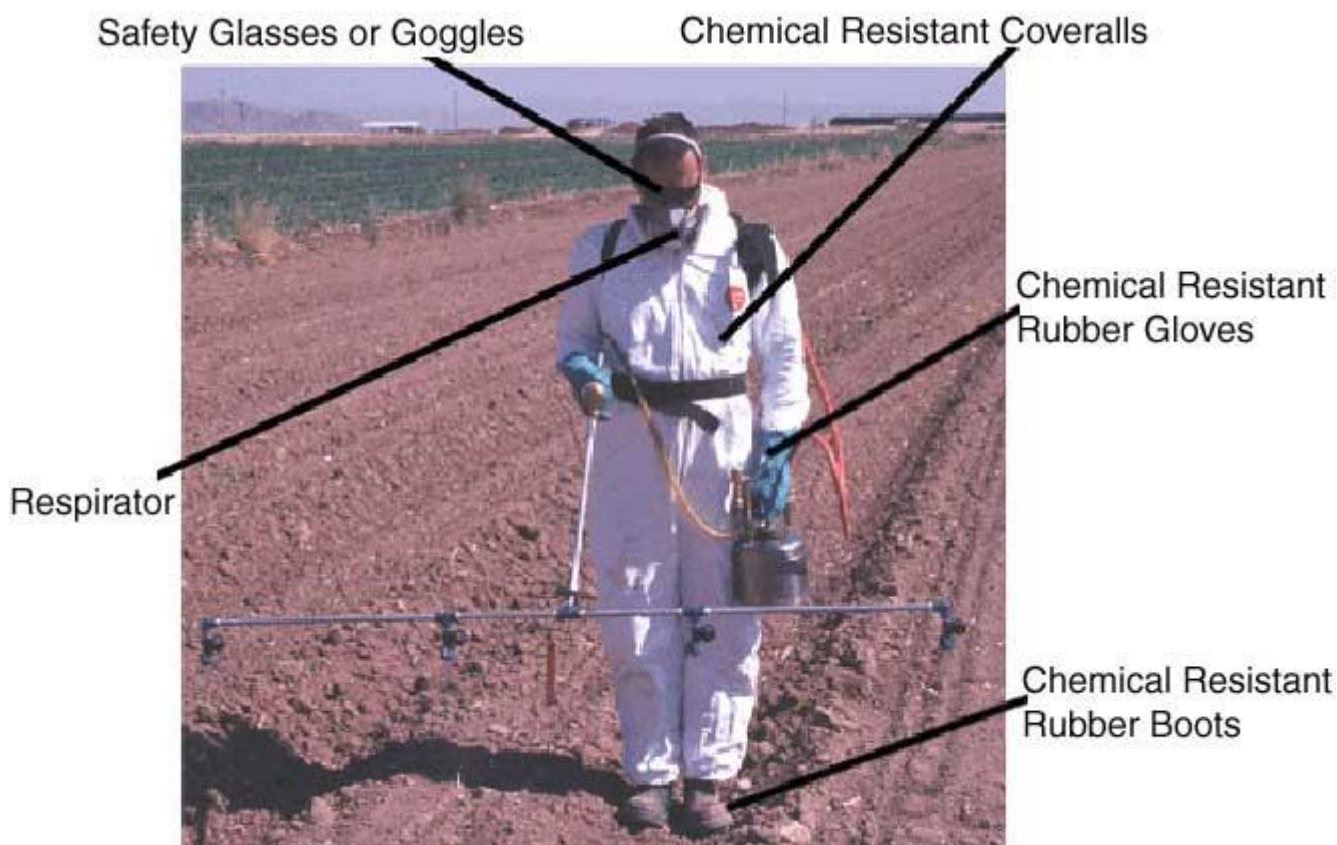
1. *Dermatitis alérgica*, producida por la reacción cutánea frente a sus iones hexavalentes de cromato. La irritación producida por la arena y la grava que componen el cemento también pueden causar dermatitis.
2. *Abrasiones*: el carácter arenoso del grano grueso y los finos agregados del cemento son los responsables de éstas lesiones.
3. *Quemaduras químicas*: son las lesiones más graves que puede producir el cemento. Su alcalinidad induce necrosis tisular por licuefacción.



El desarrollo de las lesiones por cemento es insidiosa. El paciente puede no percibir inicialmente la lesión hasta varias horas después del contacto. La localización anatómica más frecuentemente implicada son las extremidades inferiores y suelen ser lesiones profundas.

El tratamiento general de éstas lesiones debe iniciarse eliminando todas las ropas impregnadas en cemento, incluso el calzado. A continuación, las zonas quemadas deben ser limpiadas con agua estéril, después se aplica una crema antibacteriana tópica y se cubre la lesión con un apósito. Las lesiones deben ser evaluadas periódicamente para decidir si es necesario realizar la excisión quirúrgica de las zonas no viables y el injerto cutáneo subsiguiente.

Existen otras dos localizaciones en las que el cemento también puede producir graves lesiones. Las quemaduras por cemento son tremendamente devastadoras si afectan a los ojos en trabajadores que no se protegen con gafas. Además, el polvo de Óxido de Calcio puede desplazarse en forma de aerosol e irritar las vías respiratorias.



La mayoría de los pacientes que sufren quemaduras por cemento ignoran el potencial tóxico del cemento húmedo. Por eso, la información y utilización de protección adecuada son esenciales en la prevención de éste tipo de quemaduras.

3. ***Quemaduras por ácido Clorhídrico/ácido Muriático***

Este tipo de quemadura es menos frecuente que la secundaria a ácidos, como el ácido sulfúrico. En contacto con la piel, el ClH desnaturaliza las proteínas en sales de Cloro. Su tratamiento consiste en rápida y continua irrigación con agua de la piel afectada para evitar la grave lesión asociada con el bajo pH que se produce en los tejidos subcutáneos. Es también importante recordar que el ClH, si

se inhala o se fuma, induce edema de las vías aéreas superiores e inflamación pulmonar.



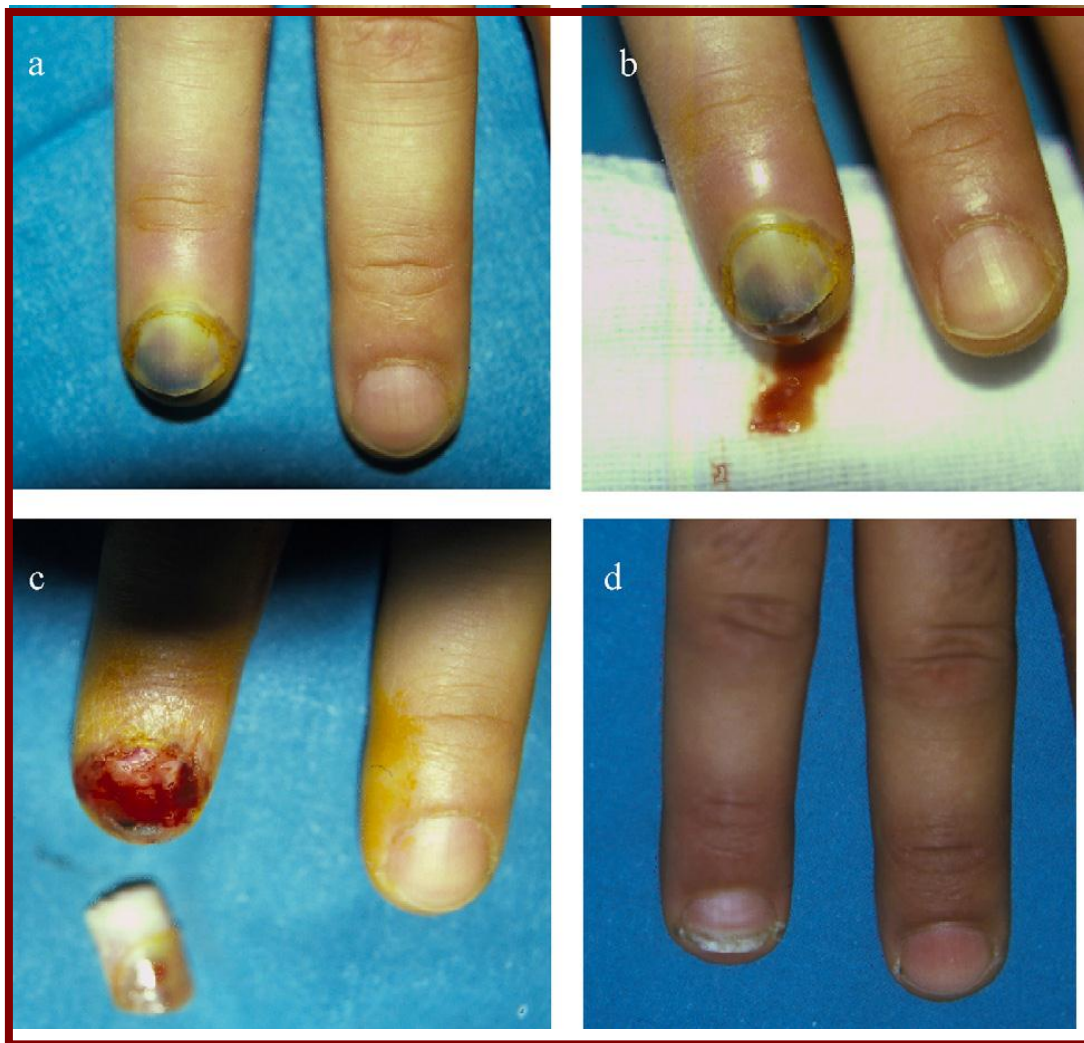
4. Quemaduras por ácido Fluorhídrico

El ácido Fluorhídrico es una sustancia muy peligrosa que se utiliza en múltiples procedimientos domésticos e industriales. Por la gran amplitud de su uso, gran parte de la población está en riesgo de sufrir lesiones por éste producto.

El ácido Fluorhídrico es el ácido inorgánico del Fluor elemental. Se manufactura a partir de la reacción entre el fluoruro cálcico y el ácido sulfúrico para producir gas de ácido Fluorhídrico, que es enfriado y almacenado como un líquido incoloro. Tiene una gran variedad de usos, incluyendo el esmerilado, el grabado y el pulimentado del cristal, la cerámica, la eliminación de moldes metálicos, la limpieza de piedras y mármol y en la industria textil.

El ácido Fluorhídrico causa graves quemaduras con afectación sistémica, incluso en los casos en los que la lesión cutánea no parece ser grave. La lesión tisular se produce por dos mecanismos. En primer lugar, los iones de Hidrógeno producen quemaduras

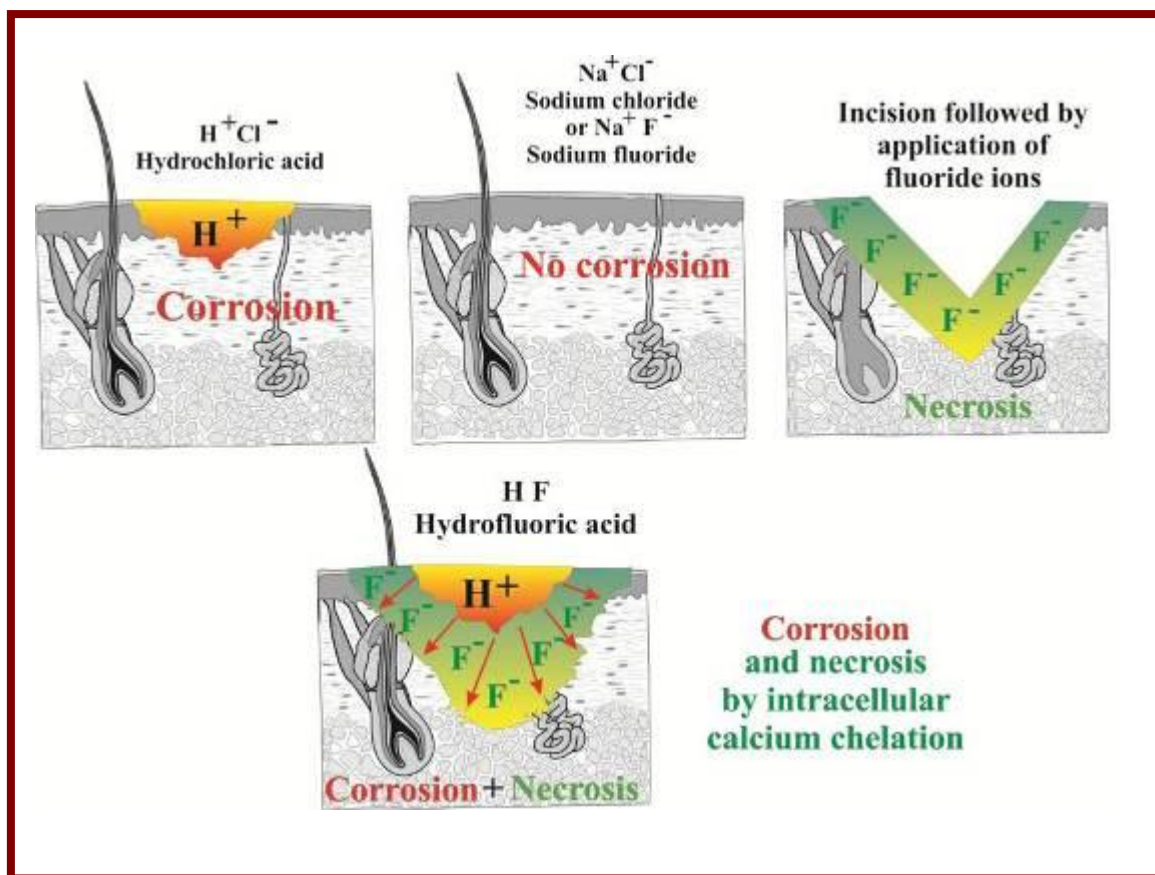
superficiales. En segundo término, el Fluor penetra hacia los tejidos profundos y causa necrosis por licuefacción de los tejidos blandos.



Quemaduras por ácido Fluorhídrico. Son muy corrosivas y penetrantes (a y b). En éste paciente, el dedo afectado fue tratado con infiltración subcutánea de Gluconato cálcico por debajo de la uña (c y d). La uña se desprendió después de realizar la infiltración, pero volvió a crecer dos meses después..

Los iones libres de Fluor que se disocian del ácido Fluorhídrico tienen una fuerte reactividad con las sales de Calcio y Magnesio formando con éstos dos iones sales neutralizantes. Este comportamiento de los iones de Fluor interfiere con el metabolismo celular, induciendo así a nivel tópico la muerte de las células y necrosis por licuefacción, en tanto que, a nivel sistémico, producen hipocalcemia e hipomagnesemia. Los iones de Fluor actúan también como venenos metabólicos porque inhiben la ATPasa Na-K dependiente, permitiendo así la salida del potasio del interior celular.

Estas alteraciones electrolíticas en las terminaciones nerviosas son la causa del intenso dolor que se asocia a las quemaduras por ácido Fluorhídrico.



Mecanismo de acción del ácido fluorhídrico sobre los tejidos

Una característica importante del ácido Fluorhídrico es que sus efectos corrosivos ocurren a largo plazo y, por ello pueden pasar varias horas desde el contacto hasta que aparece la quemadura cutánea. Las soluciones de ácido fluorhídrico con concentraciones inferiores al 20% pueden no causar síntomas hasta pasadas 24 horas. Si la concentración oscila entre el 20 y el 50%, las quemaduras se hacen evidentes en un período entre 1 y 8 horas y, por último, si la concentración de ácido supera el 50% se produce de inmediato dolor y destrucción tisular.

Las lesiones más frecuentes por ácido fluorhídrico se producen en los dedos, pero además de por contacto con la superficie cutánea, éste ácido es tóxico a nivel ocular, por inhalación y por ingestión. La

presentación clínica de una quemadura por ácido fluorhídrico depende de la vía de exposición, de la concentración del ácido, de la duración del contacto y de la penetrabilidad o resistencia de los tejidos expuestos. El tejido subungueal es particularmente susceptible.



Los efectos sistémicos que produce tienen una amplia variedad de presentaciones cardíacas, gastrointestinales y neurológicas, dependiendo de la vía de absorción del ácido. Los niveles séricos de Calcio y el electrocardiograma (ECG) permiten monitorizar el estado del paciente. Una vez que se desarrollan las arritmias cardíacas, es difícil recuperar el ritmo cardíaco fisiológico. El ión de Fluor puede actuar como un veneno metabólico en el miocardio induciendo irritabilidad y prolongación del intervalo Q-T en el ECG. Los iones de Fluor se pueden eliminar por hemodiálisis o con resinas de intercambio catiónico.

El tratamiento incluye cuatro fases:

- hidroterapia
- tratamiento tópico
- infiltración
- e infusión intra-arterial.

La primera medida terapéutica, como en todas las quemaduras químicas, es el lavado copioso para limpiar la lesión del producto que aun no ha reaccionado y diluirlo si está en contacto con la piel. Esto

debe iniciarse inmediatamente y ser prolongado para obtener su efecto máximo. En el caso del ácido fluorhídrico su dilución con agua es muy importante porque a concentraciones menores del 10% no causa lesiones significativas.

El objetivo de la segunda fase del tratamiento es inactivar los iones libres de Fluor promoviendo la formación de una sal fluorada insoluble. Con éste propósito, se han intentado diferentes tratamientos tópicos:

- a. Compuestos de Magnesio, pero en la práctica son inefectivos por su escasa capacidad de penetración a través de la piel.
- b. Compuestos de amonio cuaternario: los compuestos de amonio cuaternario de alto peso molecular, como Hiamina 1622 o Zefiran, pueden inactivar el Fluor por varios mecanismos:
 - intercambio del Cloro ionizado por Fluor para producir un complejo no ionizado de Fluor.
 - Alteración directa de la permeabilidad de las membranas celulares
 - Reducción de la tensión superficial, induciendo un mejor contacto entre el fluido acuoso y los componentes tisulares.
 - Como un efecto secundario, también controlan la infección por microorganismos invasivos
 - Pero se han planteado varias objeciones a su utilización: las soluciones heladas producen discomfort al paciente después de 15-20 minutos. Es un compuesto tóxico, una dosis de Hiamina de 1-3g, que equivalen a 50-150ml de una solución al 2% es fatal y, teóricamente se requieren 4g de Hiamina para neutralizar tan solo 1ml de una solución de ácido fluorhídrico al 20%.
- d. Gel de calcio: sus ventajas son su facilidad de aplicación, que no es doloroso y que puede auto-administrarse. Pero, también presenta algunas desventajas, se requieren grandes cantidades para el tratamiento, tiñe la piel y, en particular, el calcio no

penetra a través de la superficie cutánea, aunque esto puede ser solventado por su infiltración directa en los tejidos.

- e. Infiltración de gluconato cálcico en los tejidos subcutáneos, por debajo de la piel afectada (dosis de 0.5ml de gluconato cálcico por cm^2) hasta que cese el dolor. La indicación de eliminar la uña en las quemaduras por ácido fluorhídrico es polémica. Este ácido atraviesa fácilmente las uñas y causa lesiones graves en los delicados tejidos subungueales.

La infusión intra-arterial de soluciones de Calcio en las extremidades es otro método para mejorar el aporte de ión calcio a los tejidos lesionados. Esto es de particular valor en quemaduras digitales secundarias a ácido fluorhídrico muy concentrado, en las que por tanto grandes cantidades de ión Fluor necesitan ser neutralizados.

Las infusiones sistémicas de iones de calcio y de magnesio pueden ser necesarias si se han producido absorciones masivas del ácido para evitar su toxicidad.

4. Quemaduras por fósforo

El origen de las quemaduras por fósforo, en general son los accidentes industriales, pero, sin embargo en la actualidad los conflictos bélicos son el medio preponderante. El fósforo blanco se utiliza desgraciadamente en las guerras actuales, como la de Irak y además, de producir gravísimas quemaduras térmicas en el lugar de la acción bélica, parecen ser la causa de graves malformaciones congénitas.



El Fósforo blanco tiene una característica que lo diferencia del resto de los agentes químicos y es que entra en ignición cuando es expuesto al oxígeno ambiental, por lo cual produce quemaduras térmicas severas al contactar con la piel ya que permanece actuando hasta que todo el fósforo es oxidado. Por éste motivo, la irrigación con agua es el punto más importante del tratamiento de las quemaduras por fósforo, así como la eliminación de los acúmulos que permanecen sobre la superficie cutánea del paciente. La aplicación de una solución de **sulfato de cobre al 0.5%** impide la oxidación y, además hace posible su visualización como partículas negras, lo cual simplifica su identificación y eliminación. Se pueden producir alteraciones cardíacas y de las sanguíneas del calcio y del fósforo. Las complicaciones oculares pueden ser muy graves e inhabilitantes.



5. *Quemaduras por ácido crómico*

El ácido crómico es un potente oxidante tisular. Puede producir pequeñas úlceras que normalmente no son dolorosas, en los dedos de las manos que se denominan “agujeros” crómicos porque la zona en la que se ha producido el contacto se necrosa y es eliminada.



6. Quemaduras por Fenol

El **fenol** es una sustancia muy tóxica que se absorbe rápidamente a través de la piel intacta. Una vez absorbido puede producir depresión del sistema nervioso central, hipotermia, hipotensión arterial, hemólisis intravascular, edema pulmonar, shock e, incluso muerte. Cuando el fenol entra en contacto con la piel causa un efecto anestésico local y, por ello el paciente sólo sufre molestias iniciales hasta que se desarrolla una lesión grave.



7. Quemaduras por álcalis fuertes

La cal, el hidróxido sódico y el hidróxido potásico son componentes de productos de limpieza domésticos y constituyen una etiología común de quemaduras químicas por ingestión oral con intenciones suicidas. Estas sustancias son capaces de penetrar en profundidad y la destrucción tisular continúa durante largo tiempo después del contacto inicial. En el medio doméstico, las quemaduras suelen ser de pequeño tamaño, pero en la industria se suelen producir quemaduras muy extensas, que incluso ponen en peligro la vida del paciente. Además, se pueden producir alteraciones sistémicas porque se absorbe sustancialmente. La lesión ocular por álcalis es particularmente devastadora por la rápida penetración

corneal de éstos compuestos, que pueden causar cicatrices, opacificación y perforación de la cornea.



Corneal burn by potassium hydroxide

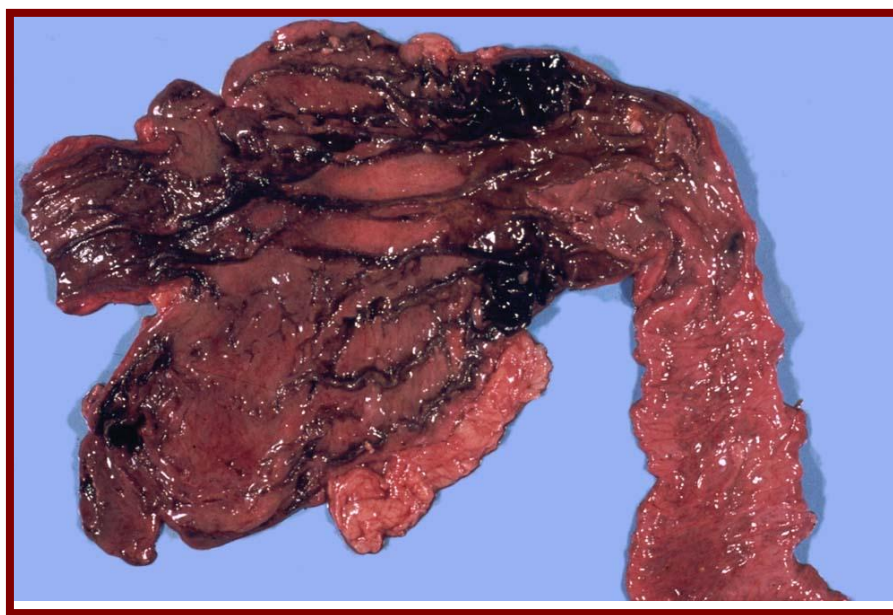


Quemaduras por calor

Los mecanismos por los que los álcalis fuertes ocasionan lesiones tisulares son tres:

1. Saponificación de las grasas, una reacción exotérmica que produce mucho calor, lo cual induce graves lesiones tisulares. La destrucción de la grasa puede también aumentar la penetración acuosa del álcali a través de la escara destruyendo la barrera acuosa natural que proporcionan los lípidos.

2. Extracción de gran cantidad de agua de las células por la naturaleza higroscópica de los álcalis, lo cual produce una extensa muerte celular y graves lesiones tisulares.
3. Los álcalis disuelven las proteínas de los tejidos para formar proteinatos alcalinos, que son solubles y contienen iones hidroxilo que, a su vez induce reacciones químicas que inician una lesión más profunda de los tejidos por necrosis por licuefacción.



Quemadura esofago-gástrica por ingestión de hidróxido sódico

Se deben retirar todas las ropas, así como los residuos secos de álcalis o de cal, que deben eliminados por cepillado, seguido de un rápido lavado con grandes cantidades de agua. Este lavado tiene varios efectos beneficiosos:

- dilución y eliminación de la sustancia química
- atenuación de la reacción química y de la formación de calor
- supresión de metabolismo celular acelerado
- acción anti-inflamatoria
- supresión del efecto higroscópico de los álcalis
- y retorno del pH de la piel a valores normales.

No existe acuerdo sobre la duración del lavado con agua, normalmente se continúa hasta que se elimina totalmente el álcali

de la superficie quemada. Se recomienda la irrigación continua durante 2 horas o más (si se afectan zonas pequeñas) con períodos de descanso de 4 horas. Es muy importante controlar la temperatura corporal de éstos pacientes durante la hidroterapia. El agua no puede eliminar el producto químico de las capas más profundas de la lesión y, por ello, cuando el estado general del enfermo es estable, se realiza una excisión tangencial de las quemaduras profundas, seguido de su cobertura inmediata con autotrasplantes de piel o de apósitos o sustitutos cutáneos temporales. De lo contrario, la lesión tisular puede ser progresiva y tiene posibilidades de infectarse, lo cual induce lesiones más profundas con el tiempo.

8. Quemaduras por ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es uno de los agentes causantes con mayor frecuencia de quemaduras químicas, bien en el ámbito laboral, en el hogar (al limpiar los desagües) o como resultado de ataques.

El ácido sulfúrico y su precursor, el trióxido de sulfuro, son ácidos fuertes que lesiona los tejidos por deshidratación y produciendo mucho calor. La consecuencia es que se forman escaras necróticas por coagulación, con formación de trombos en la microcirculación de la zona lesionada.

La clave de su tratamiento es la inmediata copiosa irrigación después de eliminar todas las ropas contaminadas y la excisión precoz de las quemaduras profundas.

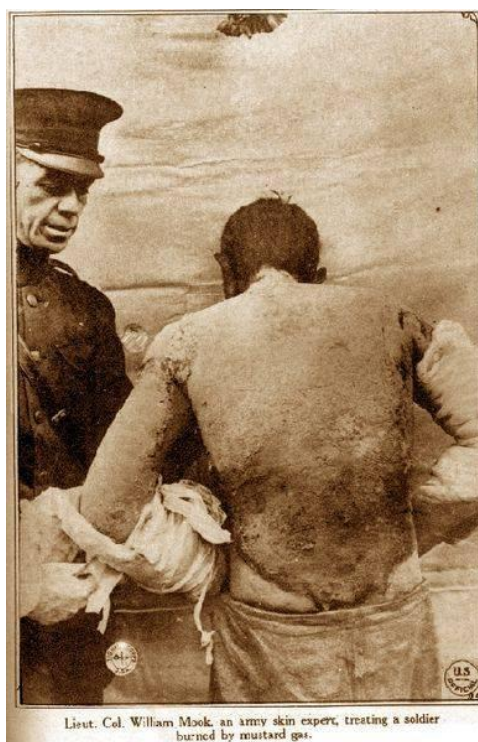


El ácido Nítrico tiene características similares al sulfúrico, aunque es mucho menos frecuente que produzca quemaduras químicas (principalmente en el medio industrial). Las quemaduras por ácido nítrico pueden parecer más superficiales que las producidas por el ácido sulfúrico, pero ésta impresión inicial puede no ser cierta y, por ello hay que ser muy cautos con éste tipo de quemaduras.



9. Quemaduras por agentes vesicantes de uso militar

Estos agentes fueron utilizados durante la guerra de trincheras de la I Guerra Mundial.



Pueden producir quemaduras cutáneas profundas, e incluyen el clásico agente Lewisita y el sulfuro de mostaza. Las lesiones cutáneas resultantes de la exposición al sulfuro de mostaza difieren de las quemaduras térmicas en que sus signos y síntomas pueden diferirse hasta 24 horas después de la exposición, dependiendo de la dosis del agente agresor. La lesión tiende a ser de espesor parcial, pero su curación espontánea es muy lenta. Las lesiones cutáneas tras la exposición a vapor de Lewisita o de sulfuro de mostaza puede consistir en grandes flictenas que pueden requerir intensivo tratamiento médico y/o quirúrgico.



Estos gases afectan a todos los epitelios, incluyendo la piel, los ojos y el epitelio respiratorio. Los síntomas descritos tras la exposición al gas mostaza incluyen sensación de quemadura en los

ojos y sofocación asociada con quemaduras de la garganta. Las lesiones cutáneas graves por gas mostaza tardan varios meses en curar por defectos en la replicación celular y por lesión de la dermis que no puede formar una matriz satisfactoria sobre la que puedan diseminarse y proliferar las células epiteliales. Las principales medidas terapéuticas en las quemaduras cutáneas por gas mostaza son la aspiración del contenido de las flictenas y/o la eliminación de su techo epidérmico, desbridamiento de los tejidos no viables, irrigación, antibióticos tópicos y cura oclusiva con apósitos estériles.



Bibliografía

- Carlotto RC, Peters WJ, Neligan PC, Douglas LG, Beeston J. Chemical burns. *Can J Surg* 1996;39:205-11.
- Palao R, Monge I, Ruiz M, Barret JP. Chemical Burns: Pathophysiology and treatment. *Burns* 2010; 36: 295-304.
- Milton R, Mathieu L, Hall AH, Maibach HI. Chemical assault and skin/eye burns: Two representative cases, report from the Acid Survivors Foundation, and literature review. *Burns* 2010; 36: 924-36.
- Touzopoulos P, Zarogoulidis P, Mitrakas A, Karanikas M, Matthaios D, Kouromichakis I, Proikaki S, Pavlioglou P, Katsikogiannis N, Constantinidis TC. Occupational chemical burns: a 2-year experience in the emergency department. *J Multidisc Healthcare* 2011; 4: 349-52.