Una pequeña dosis de solventes
o
Una introducción a los efectos de los solventes en la salud

Dosier

Nombre: Solvente (clase amplia de productos químicos)
Uso: Variado - recreativo (alcohol) a industrial (gasolina, desengrasantes)
Fuente: Química sintética, productos derivados del petróleo; aceites vegetales
Dosis diaria recomendada: ninguno (no esencial)
Absorción: intestino, inhalación (mayor), piel
Personas sensibles: fetos, niños
Toxicidad/síntomas: sistema nervioso, sistema reproductivo, y muerte.
Datos generales: larga historia de uso (alcohol), la alta volatilidad del disolvente da como resultado la inhalación de los vapores
Ambiental: los compuestos orgánicos volátiles reaccionan con la luz del sol para producir el smog
Recomendaciones: evitar, utilizar protección adecuada en el lugar de trabajo

Estudio de casos

Agentes anestésicos

> "También asistí en dos ocasiones al quirófano del hospital de Edimburgo, y vi dos operaciones muy malas, una en un niño, pero me apresuré a irme antes de que terminaran. Tampoco volví a asistir, porque casi ningún aliciente habría sido lo bastante fuerte para hacerme hacerlo; esto fue mucho antes de los benditos días del cloroformo. Los dos casos me persiguieron bastante durante muchos años."
>
> - Charles Darwin, Autobiografía (1993)

Un agente anestésico eficaz debe ser fácil de usar, poner al paciente inconsciente rápidamente y no producir ninguna toxicidad. El Dr. William T.G. Morton primero demostró públicamente el uso del éter como agente anestésico eficaz en el hospital general de Massachusetts el 16 de octubre de 1846 ante una muchedumbre de médicos escépticos. Raymondus Lullius, un químico español, descubrió el éter (CH_3CH_2) 2O en 1275. Sus efectos hipnóticos pronto fueron apreciados (y disfrutados por algunos), pero durante muchas décadas el éter sólo se usó para tratar dolencias médicas ocasionales. Incluso con el éter, el éxito de los procedimientos quirúrgicos no mejoró hasta la introducción del procedimiento antiséptico y el control de la infección unos 20 años después. El éter fue reemplazado por el ciclopropano en 1929, el que a su vez fue reemplazado por el halotano en 1956. Mientras que los agentes anestésicos son deseables para el paciente, la exposición del personal del hospital es altamente indeseable y una consideración ocupacional importante.

n-Hexano

El n-hexano es un hidrocarburo simple y común que se encuentra en disolventes, desengrasantes, pegamentos, pinturas en aerosol, gasolina, siliconas y otras sustancias comunes. Una exposición común al n-hexano en el lugar de trabajo proviene de agentes desengrasantes, que normalmente contienen una mezcla de disolventes. En 1997, un técnico automotriz masculino de 24 años fue a su médico quejándose de entumecimiento y cosquilleo de los dedos de los pies y los dedos de las manos. La evaluación neurológica posterior reveló una sensación reducida en los antebrazos y reflejos disminuidos. Durante los últimos 22 meses, este trabajador había utilizado diariamente latas de aerosol de limpiador de frenos que contenían 50-60% de hexano (compuesto de 20% -80% de n-hexano), 20-30% de tolueno y 1-10 % de metil etil cetona. Utilizó este agente desengrasante para limpiar los frenos, las herramientas pequeñas e incluso los motores de los automóviles. Él usaba generalmente guantes de látex mientras trabajaba. Su condición mejoró cuando se detuvo la exposición al agente de limpieza. La 2,5-hexanodiona, un metabolito urinario del n-hexano que se cree que es el agente tóxico responsable de los

efectos en el sistema nervioso, puede medirse y usarse para estimar la exposición al n-hexano. Un estudio posterior encontró que los técnicos automotrices estaban realmente expuestos al n-hexano. Los productos desengrasantes típicamente contienen una mezcla de disolventes que se absorben fácilmente cuando se inhala o penetran a través de la piel. Los guantes de látex utilizados por este trabajador ofrecían poca protección. Más información sobre este estudio de caso se puede encontrar en MMWR (2001).

Introducción e Historia

Los disolventes son una amplia clase de compuestos a los que comúnmente estamos expuestos cuando bombeamos gas en la gasolinera, cambiamos el aceite del coche, pintamos la casa, pegamos algo, bebemos alcohol o nos ponen anestesia cuando somos sometidos a una cirugía. Los disolventes son altamente volátiles en el aire y son fácilmente absorbidos por el pulmón cuando se inhalan los vapores. El pequeño peso molecular de la mayoría de los disolventes y su alta solubilidad en grasa significa que son fácilmente absorbidos a través de la piel. La exposición ocupacional a los solventes es común, con un estimado de 10 millones de trabajadores en los Estados Unidos expuestos ya sea por inhalación o contacto con la piel. La exposición aguda puede resultar en pérdida de la coordinación, reducción de la velocidad de respuesta y sensación general de embriaguez. La exposición prolongada puede reducir el aprendizaje y la memoria, producir una menor capacidad de concentración, cambios en la personalidad e incluso cambios estructurales en el sistema nervioso.

Algunas personas encuentran que los efectos de los solventes en el sistema nervioso son deseables e inhalan intencionalmente los solventes para inducir una forma de intoxicación. En los Estados Unidos, aproximadamente el 15% de los estudiantes de secundaria han intentado inhalar solventes al menos una vez. Los solventes disponibles para la inhalación y el abuso son comunes en el hogar. Productos para el hogar que pueden contener solventes incluyen las pinturas, los removedores de pintura, barnices, adhesivos, pegamentos, desengrasantes y agentes de limpieza, tintes, rotuladores, tintas para impresoras, abrillantadores para pisos y zapatos, ceras, plaguicidas, drogas, cosméticos y combustibles solo por nombrar unos pocos.

En general, hay pocos beneficios de la exposición a solventes y por tanto debe evitarse. La única excepción importante es el uso de solventes para inducir la inconsciencia antes de la cirugía. Como se mencionó anteriormente, el éter se descubrió hace siglos, pero no se utilizó en la cirugía hasta en la década de 1840. Algunos médicos y dentistas primero se dieron cuenta de los efectos del éter durante los "éter frolics"(debates de éter) mientras asistían a la escuela. El óxido nitroso también fue experimentado aproximadamente al mismo tiempo, pero no fue ampliamente adoptado por los dentistas y cirujanos hasta la década de 1860. A pesar de su toxicidad hepática, el cloroformo también se usó como un anestésico, particularmente en Inglaterra y Escocia a partir de finales de 1840. Los agentes anestésicos cambiaron poco hasta el descubrimiento accidental de ciclopropano en 1929. Con el aumento del uso de equipos electrónicos en el área quirúrgica, la

inflamabilidad de los anestésicos se convirtió en un tema importante. En 1956, el halotano fue descubierto por investigadores en Inglaterra, inaugurando una nueva era en la anestesiología.

El uso de solventes se expandió mucho con la revolución industrial, lo que dio lugar a su liberación generalizada en el medio ambiente. Los solventes, como compuestos orgánicos volátiles (COVs), se evaporan fácilmente en el aire, por ejemplo, cuando la pintura a base de aceite se seca. También se produce liberación industrial de solventes durante la fabricación o cuando ocurren derrames. La contaminación del agua potable por solventes no es infrecuente y es un problema de salud pública. Los COVs que entran en el agua subterránea quedan atrapados hasta que se liberan durante el uso. La exposición humana se produce por el agua potable o por la exposición durante el baño. Los solventes como el benceno y el tricloroetileno se encuentran comúnmente en sitios de desechos peligrosos y pueden poner en peligro las aguas subterráneas cercanas.

Propiedades biológicas

Desde una perspectiva biológica las propiedades más importantes de los solventes son su volatilidad, alta solubilidad en grasas (lipofilicidad) y pequeño tamaño de la molécula. Los solventes con estas características se denominan compuestos orgánicos volátiles (COVs). Bajo condiciones de trabajo normales, los solventes se evaporan fácilmente en el aire, de donde entran en los pulmones. La alta solubilidad de los lípidos y el tamaño pequeño determina que sean rápidamente absorbidos a través de las membranas pulmonares y entran en la sangre. La sangre del pulmón se mueve directamente al cerebro y otros órganos del cuerpo antes de llegar al hígado, donde se produce el metabolismo del solvente. Con la exposición continua se alcanza un equilibrio entre la carga corporal y la concentración del disolvente en el aire.

Los solventes se absorben bien después de la exposición oral o dérmica. La mayoría de los solventes se absorben rápidamente en el intestino, aunque la presencia de alimentos puede retrasar su absorción. El alcohol es un buen ejemplo de un solvente típicamente consumido por vía oral. La piel ofrece poca barrera a los solventes. La exposición a través de la piel puede provocar irritación local y aumento de los niveles sanguíneos del solvente.

Los solventes se eliminan del cuerpo por metabolismo o exhalación. Cuanto más volátil y soluble en grasa el solvente, mayor es su concentración en el aire exhalado. El aire exhalado puede utilizarse para estimar la concentración de solventes en la sangre, como en el análisis del aliento para la exposición al alcohol. El metabolismo de los solventes se produce principalmente en el hígado por las enzimas P450. En la mayoría de los casos, el metabolismo tiene como resultado una reducción de la toxicidad y una mayor eliminación de los productos resultantes. La toxicidad del tolueno se reduce cuando las enzimas hepáticas cambian el compuesto para que no atraviese fácilmente las membranas celulares. Por otra parte, la toxicidad del benceno se incrementa cuando se cambia a un

compuesto que puede atacar la formación de células de la sangre en la médula ósea causando leucemia. Hay una variabilidad considerable de una persona a otra en su capacidad para metabolizar los solventes. Diferencias genéticas sutiles puede aumentar o disminuir la capacidad individual para metabolizar ciertos solventes, dando como resultado más o menos toxicidad. El hígado también es propenso a daño por algunos solventes, por ejemplo, el tetracloruro de carbono (CCl_4). Este daño puede incluso empeorar con la exposición previa al alcohol.

Tabla 11.1 Productos que contienen solventes

Productos que son principalmente solventes	Basados parcialmente en solventes
Gasolina	Pegamentos
Diesel	Adhesivos
Líquido para encendedores de carbón	Pinturas en base de aceite
Combustible para linternas	Pulidores de muebles
Grasas	Pulidores de pisos y grasas
Aceites lubricantes	Quitamanchas
Agentes desengrasantes	Limpiadores de metal y de madera
Decapadores de pinturas	Líquidos de corrección
Diluyentes para pinturas	Limpiadores de discos de computadora
Turpentina (aguarrás)	Barnices y gomas laca
Quitaesmalte	Limpia manchas para madera y concreto
Alcohol para frotar	

Efectos a la salud

La mayoría de nosotros estamos expuestos a bajos niveles de solventes todos los días. Millones de trabajadores en todo el mundo están expuestos a altos niveles de disolventes diariamente que pueden afectar negativamente a la salud. Los trabajadores suelen entrar en contacto con más de un solvente durante el día de trabajo. Los riesgos para la salud derivados de la exposición a solventes varían desde leves a peligrosos para la vida dependiendo del compuesto involucrado y del nivel y duración de la exposición. Tampoco debe olvidarse que muchos solventes son altamente inflamables y el fuego también es un peligro significativo para la salud.

Los efectos agudos a menudo implican al sistema nervioso central debido a la rápida absorción del solvente desde los pulmones y a la distribución directa al cerebro. Los efectos inmediatos pueden resultar en somnolencia o leve deterioro del juicio. En la mayoría de los casos estos efectos no son graves y terminarán rápidamente una vez que la exposición se detenga. En algunas circunstancias, un leve lapso de juicio podría ser desastroso. Una persona que responde a un derrame de materiales peligrosos o tal vez a un incendio debe tomar las precauciones adecuadas para limitar la exposición a cualquier solvente que pudiera deteriorar su juicio y, por lo tanto, aumentar el riesgo de lesiones.

La exposición crónica a los solventes puede resultar en una serie de efectos sobre el sistema orgánico. Los daños en el sistema nervioso periférico producen sensación de hormigueo y pérdida de la sensibilidad en las manos y los pies, aumento del tiempo de reacción y disminución de la coordinación. Los efectos en la reproducción incluyen disminución y daño del esperma, causando una pérdida en la fertilidad. El daño del hígado y del riñón es posible para una gama de solventes. El cáncer también es causado por una serie de diferentes solventes como el benceno y el tetracloruro de carbono.

No hay duda de que la exposición repetida a altos niveles de solventes puede resultar en daño permanente al sistema nervioso. Estos cambios pueden resultar en deterioro del aprendizaje y la memoria, disminución del tiempo de atención y otros efectos psicológicos. También hay datos considerables que indican que la exposición crónica a bajos niveles de solventes puede dar lugar a un grupo de síntomas denominados de diversas maneras: síndrome de pintor, síndrome ocasionado por solventes orgánicos o encefalopatía crónica por solventes. El síndrome del pintor se describió por primera vez en Escandinavia a finales de los años setenta y se convirtió en una enfermedad profesional reconocida en estos países. El grupo de síntomas incluye dolor de cabeza, fatiga, trastornos del sueño, cambios de personalidad, labilidad emocional, progresando a deterioro de la función intelectual y, en última instancia, demencia. Los primeros síntomas suelen ser reversibles si la exposición se detiene.

Tabla 11.2 Efectos de los solventes en la salud

Efectos de los solventes	**Ejemplo**
Riesgo reproductivo	metoxietanol, 2-etoxietanol, cloruro de metilo
Riesgo para el desarrollo	alcohol (etanol)
Daño hepático y renal	tolueno, y tetracloruro de carbono, 1,1,2-2-tetracloroetano, cloroformo
Daño al sistema nervioso	n-hexano, percloroetileno, n-butil mercaptan
Cáncer	tetracloruro de carbono, tricloroetileno, 1,1,2,2-tetracloroetano, percloroetileno, cloruro de metilo, benzeno
Sistema visual	metanol

La fácil disponibilidad de los solventes en productos comerciales y de uso doméstico, combinada con el rápido comienzo de los efectos en el sistema nervioso, fomenta el uso de solventes como drogas intoxicantes. La inhalación recreativa de solventes puede producir euforia, alucinaciones visuales y auditivas y sedación. Como se mencionó anteriormente, la exposición repetida a altos niveles de disolventes da lugar a daño cerebral permanente. Más allá de la inhalación intencional por los efectos directos sobre el sistema nervioso, hay exposición accidental. Los niños que accidentalmente beben

limpiadores de muebles u otros productos para el hogar a base de solventes son vulnerables a los efectos del sistema nervioso y posiblemente a la neumonitis.

Reducción de la exposición

Desde el punto de vista de la salud, hay pocas características rescatables de los solventes, excepto cuando se utilizan como anestésicos. Claramente la recomendación simple es evitar la exposición a menos que sea administrada por alguna razón médica. En el lugar de trabajo, una ventilación adecuada y equipo de seguridad personal debe ser usada en todo momento. Existen numerosos reglamentos nacionales e internacionales sobre exposición a solventes en el lugar de trabajo. La sustitución por solventes menos tóxicos en procesos y productos puede reducir el riesgo de lesiones.

Normas reglamentarias

En los lugares de trabajo, las normas y la recomendación de exposición son complejas porque deben abordar tanto el nivel como la duración de la exposición. A continuación se presentan algunos de los términos comunes utilizados para establecer las recomendaciones de exposición.

STEL – Límite de exposición a corto plazo (exposición de 15 minutos) – protege de los efectos agudos --- protege contra pérdida de conciencia o pérdida del desempeño - permite la exposición a corto plazo en situaciones de emergencia.
TLV – Valor límite umbral
TWA – Valores ponderados en el tiempo (aceptable para 8 horas al día, 40 hrs a la semana)
TLV-C –Valor límite techo (el valor techo no se puede sobrepasar nunca durante la jornada laboral)

Recomendaciones y conclusiones

Los solventes son comunes en el hogar y los lugares de trabajo. Al igual que con la mayoría de las sustancias tóxicas, la mejor política es sustituir por productos menos tóxicos siempre que sea posible y reducir la exposición a través de la ventilación o el uso de equipo de protección si no se dispone de sustitutos. La inhalación de solventes es particularmente peligrosa debido al rápido intercambio en los pulmones y al rápido acceso al sistema nervioso. La inhalación de solventes produce efectos a corto plazo previsibles, pero los efectos prolongados de la exposición repetida a solventes no están bien caracterizados.

Más información y referencias

Presentación en diapositivas

- A Small Dose of Solvents presentation material and references online: http://www.toxipedia.org or http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Solvents
  El sitio Web contiene material de presentación relacionado con los efectos sobre la salud de los disolventes.

Agencias europeas, asiáticas e internacional

- United Nations Office on Drugs Control and Crime (UNODC). Online: < http://www.unodc.org/ > (accessed: 16 April 2009).

Agencias norteaméricanas

- US Department of Labor – Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Online: <http://www.osha.gov/SLTC/solvents/> (accessed: 16 April 2009).
  Este sitio tiene información extensa sobre solventes en el lugar de trabajo.

- US Agency for Toxic Substance Disease Registry (ATSDR). Online: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html> (accessed: 16 April 2009).
  El sitio contiene hojas informativas y estudio de casos sobre muchos solventes comunes.

- US National Institute on Drug Abuse (NIDA). Online: <http://www.nida.nih.gov/DrugPages/> (accessed: 16 April 2009).
  El sitio contiene información sobre inhalantes y solventes como drogas de abuso.

- US Environmental Protection Agency (EPA) Ozone Layer Depletion - Alternatives / SNAP: < http://www.epa.gov/Ozone/snap/lists/ > (accessed: 16 April 2009).
  El sitio tiene información completa sobre alternativas al ozono y otros solventes para productos y procesos.

- US National Library of Medicine. Tox Town – Solvents. Online: http://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=28. (accessed: 16 April 2009).
  Dirección de varias áreas donde los solventes pueden ser encontrados de la ciudad a la granja, y lugares de trabajo.

- US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Organic Solvents. Online: http://www.cdc.gov/niosh/topics/organsolv/. (accessed: 16 April 2009).
  Excelente información sobre una amplia gama de solventes.

Organizaciones no gubernamentales

- Anesthesia Nursing & Medicine. Online: <http://www.anesthesia-nursing.com/> (accessed: 16 April 2009).
  El sitio tiene información en profundidad sobre la historia y la práctica actual de la anestesia.

- American Lung Association. Solvents in the Workplace. Online: http://www.lungusa.org/site/c.dvLUK9O0E/b.23040/k.91E2/Solvents_in_the_Workplace.htm. (accessed: 16 April 2009).

Información general sobre los efectos sobre la salud de los solventes en el lugar de trabajo.

- The Wood Library-Museum of Anesthesiology. Online: < http://www.woodlibrarymuseum.org/> (accessed: 16 April 2009).
  El objetivo de la Biblioteca y Museo Wood de Anestesiología es recoger y preservar la literatura y el equipo de anestesiología y poner a disposición de la comunidad de anestesiólogos, otros en la profesión médica y el público los recursos educativos, científicos y archivísticos más completos en anestesiología.

References

Charles Darwin The Autobiography of Charles Darwin 1809-1882. by Charles Darwin, Nora Barlow (Editor), W.W. Norton & Company, New York, NY, 1993, 253 pages.

MMWR (2001). n-Hexane--Related Peripheral Neuropathy Among Automotive Technicians -- California, 1999—2000. Vol 50, No 45;1011, 11/16/2001. Online: <http://www.cdc.gov/mmwr/PDF/wk/mm5045.pdf> (accessed: 16 April 2009).

Dick, FD. (2006). Solvent neurotoxicity. Occup Environ Med. 63(3): 221–226. doi: 10.1136/oem.2005.022400.

Feldman, RG, Ratner, MH, and Ptak, T. (1999). Chronic toxic encephalopathy in a painter exposed to mixed solvents. Environ Health Perspect. 107(5): 417–422.