

3.1.4

Agents químics. Cadmi

OBJECTE

L'objecte d'aquesta guia és establir recomanacions per efectuar la vigilància de la salut dels treballadors exposats al cadmi, amb una doble vessant: poder detectar precoçment trastorns de salut relacionats amb aquesta exposició i identificar personal especialment sensible als efectes d'aquest contaminant químic.

EFFECTES SOBRE LA SALUT

La principal via d'entrada en l'exposició industrial és la respiratòria. L'absorció de cadmi per via respiratòria depèn de la grandària de les partícules i de la solubilitat del compost, i es pot absorbir entre un 20 - 50% del compost de cadmi inhalat.

L'absorció digestiva de cadmi i els seus compostos és feble (2 - 6%), encara que diferents factors nutricionals poden influir en la seva absorció. En les persones amb dèficit de ferro, de calci i de certes proteïnes, l'absorció de cadmi és més alta que la mitjana i en les dones ho és més que en els homes; així, hi ha dones amb nivells baixos de ferritina sèrica, que tenen una absorció doble de cadmi. L'absorció percutània de cadmi es considera poc important.

Encara que és poc freqüent en el mitjà professional, la ingestió accidental de sals minerals de cadmi provoca ràpidament alteracions digestives intenses: dolors abdominals, hipersalivació, nàusees i vòmits, així com destrucció moderada de les cèl·lules hepàtiques.

A dosis elevades, les alteracions digestives són causa d'hipovolèmia, canvis hidroelectrolítics i alteracions hemodinàmiques. Aquestes alteracions, associades a un efecte tòxic directe del cadmi sobre els túbuls renals, condueixen a una insuficiència renal.

Amb dosis massives de cadmi, la mort pot esdevenir en 24 hores, en produir-se un quadre de col·lapse cardiovascular, amb acidosi metabòlica intensa i coagulopatia de consum.

La intoxicació aguda en la indústria es deu, en la major part de les ocasions, des d'una breu exposició a una forta concentració de vapors de cadmi i, en aquests casos, s'estima una mortalitat d'un 15%.

Després d'un període asimptomàtic de 4 a 10 hores, apareixen signes d'irritació intensa de vies respiratòries, en forma de sequetat de gola, tos, dispnea i dolors toràcics, alteracions digestives, en forma de nàusees i vòmits que s'acompanyen d'astènia, cefalees, sudoració i calfreds, i leucocitosi. El quadre pot agreujar-se ràpidament cap a una pneumonitis aguda, amb edema agut de pulmó, susceptible de provocar la mort de la persona intoxicada.

Amb exposicions moderades ($200-500 \mu\text{Cd}/\text{m}^3$), apareixen símptomes similars als de la febre dels fonadors, d'evolució favorable i recuperació total, en un termini de dies.

La intoxicació crònica procedeix de la inhalació constant i diària de vapors d'òxid de cadmi o de pólvores respirables de cadmi o dels seus compostos.

Com s'ha comentat anteriorment, el cadmi és un tòxic que s'acumula en l'organisme; la lenta eliminació del producte explica l'evolució progressiva de les manifestacions patològiques, fins i tot amb el cessament de l'exposició.

Els principals òrgans afectats són: els ronyons, els pulmons i el teixit ossi. Algunes manifestacions que podem trobar-hi són més signes d'exposició que d'intoxicació pròpiament dita.

Les alteracions més significatives de l'exposició crònica al cadmi són les que veurem tot seguit.

Alteracions renals

L'òrgan diana d'aquesta exposició és el ronyó, on es produeix una progressiva atròfia tubular que pot evolucionar a fibrosi renal.

El signe més precoç de la intoxicació per cadmi és una disfunció dels túbuls proximals, que es tradueix en una elevació de l'excreció urinària de proteïnes de baix pes molecular. Aquesta proteïnúria pot aparèixer després de diversos anys d'exposició, a unes concentracions de vapors o pólvores de $0,1$ o $0,2 \text{ mg } * \text{Cd}/\text{m}^3$, durant 5 anys, o $0,05 \text{ mg } * \text{Cd}/\text{m}^3$, durant 10 anys.

En l'evolució de la tubulopatia proximal, pot aparèixer hipercalciúria (sovint complicada amb litiasi renal), glucosúria, fosfatúria i aminoacidúria.

La funció dels glomèruls renals sol estar conservada o lleugerament afectada. En alguns casos, disminueix la filtració glomerular. Pot evolucionar a fibrosi renal. L'augment de la

concentració de cadmi a l'orina està correlacionat amb la presència de proteïnes de baix pes molecular i, en absència d'exposició forta recent al cadmi, pot servir com a indicador d'efectes renals.

En els casos més greus, es combinen els efectes tubulars i glomerulars, amb un augment del nivell de creatinina a la sang.

Per a la majoria del personal que hi treballa i de les persones exposades al medi ambient general, la proteïnúria induïda pel cadmi és irreversible.

Les dades obtingudes en estudis de grups de personal exposat i de grups exposats en el medi ambient general, demostren que hi ha una relació entre els nivells d'exposició, la seva durada i la prevalença dels efectes renals.

Alteracions pulmonars

Els canvis pulmonars observats, després d'una exposició ocupacional, són afeccions cròniques obstructives de les vies aèries, caracteritzades per enfisema pulmonar clínic i radiològic de tipus centrolobular, així com una insuficiència ventilatòria obstructiva, objectivada per les exploracions funcionals respiratòries. La toxicitat crònica del cadmi sobre l'aparell respiratori és proporcional al temps i al nivell d'exposició.

Els quadres clínics descrits es corresponen amb els canvis esmentats anteriorment: enfisema, síndrome obstructiva i fibrosi pulmonar.

Alteracions òssies

Els trastorns del metabolisme del calci, la hipercalciúria i la formació de càlculs renals, combinats amb altres factors com manques nutricionals, poden conduir a l'aparició d'osteoporosi i/o osteomalàcia. El quadre consisteix en dolors a la cintura pèlvica i en membres inferiors, amb fractures espontànies a nivell de les costelles. Els exàmens radiològics revelen una desmineralització difosa de l'esquelet i l'aparició d'estries de Looser-Milkman, localitzades habitualment a la pelvis, el coll femoral i els omòplats.

Altres alteracions

Algunes no són més que signes d'exposició o d'impregnació; és el cas de "la dent groga càdmica", consistent en una banda o anell groc que apareix gradualment en el coll de les dents. No se sap si aquest signe es deu a un efecte local produït al ser inhalat el cadmi o si la decoloració està produïda pel dipòsit de cadmi a les dents, després de la seva absorció. L'anòsmia i els signes d'irritació crònica de les vies aèries superiors, rinitis i laringitis, són freqüents en la intoxicació crònica per cadmi.

Efectes cancerígens

Des de 1976, tant els experts de la *IARC (Agència Internacional per a la Investigació del Càncer), com els del *NIOSH, assenyalaven que les enquestes epidemiològiques disponibles, sense ser concloents, suggerien una tendència a l'augment de la mortalitat pels càncers de pulmó i de pròstata en el personal exposat al cadmi. Resultats recents, confirmen el caràcter significatiu de l'associació: exposició a cadmi/càncer de tracte respiratori (tràquea, bronquis i pulmons); cosa que ratifica, en els estudis realitzats, que el risc de defunció per càncer respiratori és significatiu i proporcional a la intensitat i a la durada de l'exposició.

La IARC, classifica el cadmi dintre del grup I. Aquesta categoria indica que hi ha una evidència suficient de carcinogenicitat en els éssers humans.

POBLACIÓ DIANA

Es considera exposat al risc de cadmi tot el personal que exerceix la seva activitat laboral en un ambient amb presència de cadmi elemental i/o els seus compostos. Per això, es considera amb criteri d'inclusió aquell personal amb exposició a nivells d'acció de cadmi per un període de 30 dies/any o aquells amb una exposició prèvia amb nivells d'acció total de 60 mesos.

* OSHA Nivells d'acció = VLA.

L'aplicació industrial del cadmi revesteix diverses formes:

- El revestiment electrolític d'altres metalls.
- La formació de nombrosos aliatges: cadmi-plata-coure, cadmi-níquel, cadmi-or, algunes utilitzades en soldadura.
- La fabricació d'elèctrodes de bateria, de càrrega alcalina, al cadmi-níquel.
- La fabricació de llums fluorescents.
- En joieria, s'afegeix a la plata per a evitar l'enfosquiment.
- L'obtenció de pigments per a pintures i plàstics.
- L'elaboració de resistències elèctriques.
- La fabricació de semiconductors i fotoconductors.
- L'elaboració de cèl·lules fotoelèctriques.
- Com a moderador de neutrons en reactors nuclears.
- Com a desoxidant per a la fundició d'alguns metalls.
- En la indústria de l'automòbil i l'aeronàutica.
- La fabricació de miralls.
- La indústria fotogràfica.
- La indústria del plàstic (PVC) utilitzat com a estabilitzant.

INTERVENCIONS DE LA CAPTACIÓ DE DADES

Dades de risc laboral

Es podran efectuar mitjançant un qüestionari de salut i/o entrevista clínica, en la qual es recollirà informació sobre:

- Antecedents laborals: llocs de treball previs amb exposició al cadmi.
- Lloc de treball actual.
- Tipus d'exposició (vapors, fums, pols).
- Tipus i condicions d'utilització d'EPI.
- Mesures d'higiene personal utilitzades: rentat personal després del treball, separació reglada i eficaç de la roba de la feina.

Anamnesi específica

S'ha de centrar en l'interrogatori dirigit a trobar alguna patologia orgànica preexistent, com: trastorns digestius, hematològics, renals o del sistema nerviós, o l'aparició de simptomatologia relacionada amb l'exposició a aquest metall, que pugui suposar un augment del risc per al treballador.

Exploració física

Ha de buscar signes incipients d'afectació respiratòria, cardiovascular i urinària. En homes majors de 40 anys, cal efectuar una exploració prostàtica, amb tacte rectal. Del resultat d'aquesta exploració dependrà que s'hagi de fer o no la determinació dels nivells de PSA en l'analítica de sang.

Exploracions complementàries

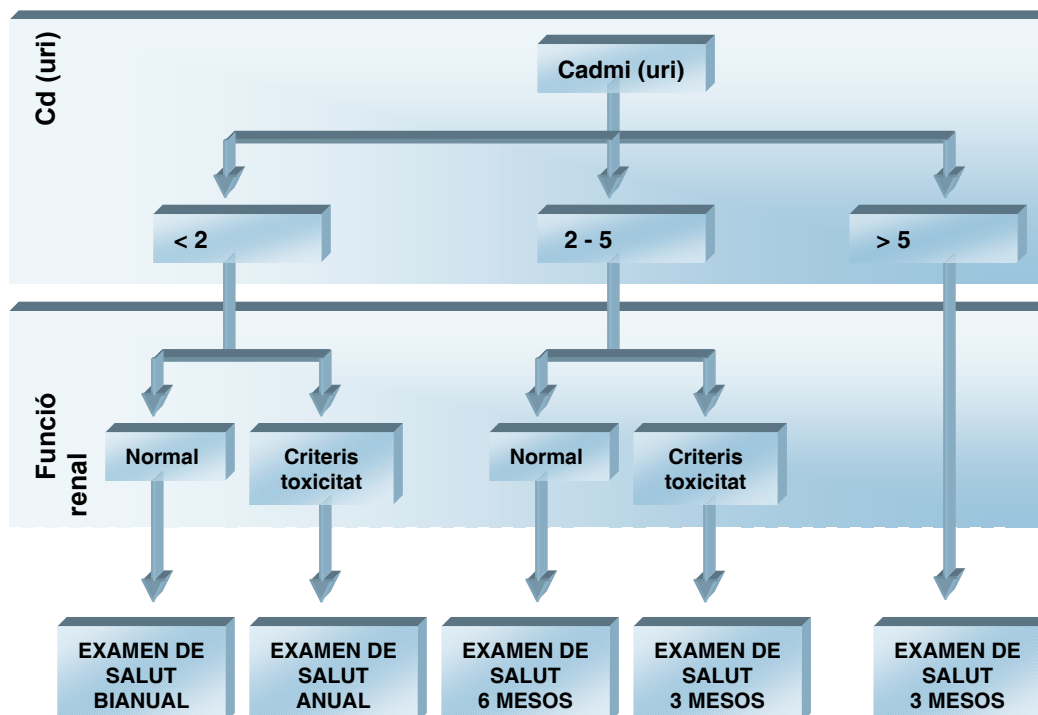
L'examen de salut es completarà amb la realització de:

- Proves funcionals respiratòries
- Estudi analític
 - Sang
 - Hemograma complet
 - Funció renal
 - Orina
 - Estudi bàsic
 - Proteïnúria
- Control biològic
 - Cadmi (uri)

- RX del tòrax. A l'examen inicial, cal disposar d'un estudi radiològic pulmonar en projecció P-A dels treballadors amb criteris d'inclusió, que es podrà repetir en aquells casos en què el metge ho consideri necessari, en funció de l'exploració clínica o els resultats de les proves de funció pulmonar.

PERIODICITAT DE LA VIGILÀNCIA

- Examen inicial abans de l'exposició.
- L'examen periòdic es farà en funció dels resultats dels exàmens previs, segons l'esquema següent:



- Pel seu efecte cancerigen, els treballadors exposats a aquesta substància seran inclosos en la guia dissenyada amb aquest objecte, amb especial atenció a partir dels 10 anys d'exposició.

Control biològic

Per efectuar-lo s'utilitzarà **el cadmi urinari [Cd (uri)]**: si la funció renal és normal, el Cd urinari pot ser considerat un reflex de la càrrega corporal de Cd. En individus no exposats laboralment, l'excreció diària urinària no excedeix de 1µg/g creatinina. L'indicador està generalment present en aquestes quantitats detectables. Aquests nivells de fons estan considerats en el valor VLB.

Els indicadors amb un moment de mostreig no crític tenen vides mitjanes d'eliminació molt llargues i s'acumulen a l'organisme durant anys, alguns durant tota la vida. Un cop arribat a l'estat estacionari, la presa de mostra pot efectuar-se en qualsevol moment. La recollida de cadmi urinari s'efectuarà en contenidors sense metalls. Cal una mostra de 10 ml d'orina. Si el valor de la creatinina és superior a 3 g/l (orina molt concentrada) o inferior a 0,5 g/l (orina molt diluïda), es recomana efectuar una nova mostra urinària.

Estudi de nefrotoxicitat

La **proteïnúria** és la característica més típica de l'exposició crònica al cadmi. L'inici depèn de la intensitat de l'exposició, encara que hi ha estudis que afirmen que pot desenvolupar-se fins a després de 10-20 anys de baixes exposicions. És persistent, fins i tot quan ha cessat l'exposició; encara que, en personal sense exposició crònica, la proteïnúria pot ser reversible.

Els tests per a la determinació d'albúmina i proteïnes totals estan influenciats per l'exercici físic, motiu pel qual les mostres s'han de recollir abans d'iniciar el torn de treball.

La **proteïnúria tubular** s'observa en casos de disminució de la capacitat de reabsorció de les proteïnes filtrades normalment, sobretot en casos de nefropaties tubulars o intersticials. Es caracteritza pel predomini de globulines de baix pes molecular i es recomanen com a marcadors la utilització de la **β₂-microglobulina** i la **RBP** (proteïna transportadora del retinol).

Espirometria: vegeu-ne els procediments a la Guia 3.1.2. Crom

Estudi RX tòrax: s'efectuarà un estudi RX toràcic posteroanterior, segons la tècnica habitual del servei de radiodiagnòstic.

Control biològic: Cadmi (uri). El VLB, del INSHT per a l'any 2004, del cadmi urinari és de 5 µg / g creatinina. La interpretació dels valors obtinguts es farà de la següent manera:

- **Cadmi (uri) <2.** Es considera un valor superponible al de la població general. Si el treballador presenta alteracions clinicoanalítiques compatibles amb l'exposició a aquest metall, s'hi aconsella augmentar la periodicitat de la vigilància de la salut.

- **Cadmi (uri) 2-5.** Es considera significatiu d'exposició. Cal efectuar-hi un estudi específic de nefrotoxicitat i revisar les condicions ambientals de treball. Si l'estudi de nefrotoxicitat és significatiu, cal extremar la pràctica del control biològic, amb periodicitat trimestral.

- **Cadmi (uri) > 5.** Es considera que hi ha una exposició inacceptable. Es recomana efectuar separació preventiva de la font d'exposició, revisió de les condicions de treball i controls biològics i de nefrotoxicitat amb periodicitat trimestral.

Estudi de la nefrotoxicitat

El ronyó és l'òrgan crític de l'acció del cadmi. Els efectes subcrítics que permeten detectar alteracions funcionals a aquest nivell són l'augment en l'excreció urinària de proteïnes de baix pes molecular. L'elevació de la **β₂-microglobulina** o la **RBP** (proteïna transportadora del retinol) respecte dels valors de referència té la consideració de criteris de nefrotoxicitat.

Espirometria: vegeu-hi els criteris d'interpretació a la Guia 3.1.2. Crom. L'afectació pulmonar crònica es manifesta per l'aparició d'una insuficiència ventilatòria amb patró restrictiu.

RECOMANACIONS

Criteris d'aptitud: a criteri del metge responsable de la vigilància, cal avaluar la idoneïtat del treballador en aquells casos en què concorri:

- Patologia respiratòria: síndrome obstructiva, enfisema, bronquitis crònica, etc.
- Patologia renal.
- Patologia hepàtica i/o del tracte digestiu.
- Patologia del sistema nerviós central.

Dones embarassades i en període de lactància: han d'evitar-hi tota exposició, amb separació preventiva del lloc de treball, pel potencial teratogen del cadmi i la seva acumulació placentària. Si no hi ha un lloc de treball adient, es considerarà la possibilitat d'aplicar-hi una suspensió laboral per risc d'embaràs.

Menors: han d'evitar-hi tota exposició. Cal impedir la incorporació dels menors en els llocs de treball amb aquest risc.

ALTRES INDICADORS

En el control i l'avaluació dels resultats de l'aplicació de la guia, es considera oportú elaborar periòdicament els següents indicadors:

1. Indicador de procés

Definició: percentatge d'exàmens de salut en els quals es disposa del valor ambiental de cadmi.

Càlcul. *Numerador:* nombre d'exàmens de salut en què l'avaluació presenta el valor ambiental de cadmi.

Denominador: nombre total d'exàmens de salut efectuats a la població diana.

2. Indicador de resultats

Definició: percentatge d'exàmens de salut en què es detecten valors de cadmi (uri) significativament elevats.

Càlcul. *Numerador:* nombre d'exàmens de salut amb elevació Cd (uri).

Denominador: nombre total d'exàmens de salut efectuats a la població diana.

REVISIÓ

Es proposa efectuar una revisió dels continguts d'aquesta guia en un període no superior a cinc anys o amb anterioritat si hi ha evidències científiques o canvis legals que puguin modificar el contingut actual i així ho aconsellin.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los/as trabajadores/as contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Real Decreto 374/2001 de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con agentes químicos durante el trabajo.

Decreto 2414/ 1961. Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas

Orden del Ministerio de Trabajo, 12 de enero de 1963 y 15 de diciembre de 1965. Normas Médicas

NORMATIVA TÉCNICA

Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE):

91/338/CEE; (76/769 CEE) DOCE: L 186 12.07.91 – Traspuesta OM 31.08.92 (BOE 10.09.92).

97/56 CEE, de 20 de octubre 1997 (76/769/CEE).

- TLVs® VALORES LÍMITE para Sustancias Químicas y Agentes físicos y BEIS® Índices Biológicos de Exposición. ACGIH Seguridad y Salud en el Trabajo Nº 38 Generalitat Valenciana. Conselleria d'Ocupació, Indústria i Comerç. 1999.

OIT. "Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo", 1998.

Cadmium. OSHA. <http://www.osha.gov/Publications/osha3136.pdf>

- INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo). "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", 2003.

- SANZ-GALLÉN P. "Manual de salud laboral". Springer-Verlag Iberica SA. Barcelona, 1995.

- IARC. "Seria IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to man". Vol. 2, 1973. Vol. 11, 1976. Vol. 1 to 42 suplement. 7, 1987.

- Davinson AG, Newman-Taylor AJ, Darbyshire J et al. Cadmium fume inhalation and emphysema. Lancet 1988; 1: 663-667.

- Armstrong R, Chettie D, Scott M, Blindt M, Mason H. Longitudinal studies of exposure to cadmium. Br J Ind Med 1992; 49: 556-559.

- Staessen JA, Lauwerys RR, Ide G, Roels HA, Vyncke G, Amery A. Renal function and historical environmental cadmium pollution from zinc smelters. Lancet 1994; 1: 1523-1527.

- Sorahan T, Lancashire R. Lung cancer findings from the NIOSH study of United States cadmium recovery workers: a cautionary note. Occup Environ Med 1994; 51: 139-140.

- Fernández MA, Sanz P, Palomar M, Serra J, Gadea E. Fatal chemical pneumonitis due to cadmium fumes. Occup Med 1996; 46: 372-374.

ANNEX 1. FULL DE RECOLLIDA DE DADES ESPECÍFIC. CADMI

DADES D'IDENTIFICACIÓ	
Nom i cognoms:	Núm. història:
Edat:	Sexe: <input type="checkbox"/> Home
Empresa:	<input type="checkbox"/> Dona
Servei de prevenció:	
Tipus de reconeixement:	<input type="checkbox"/> Inici <input type="checkbox"/> Periòdic <input type="checkbox"/> Reincorporació <input type="checkbox"/> Altres
Lloc de treball:	
Activitat que realitza:	
DADES DE RISC LABORAL	
Data avaluació de riscos:	1. Valor ambiental Cd Data:
Equips de protecció individual: <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	2. Valor ambiental Cd: Data:
Roba de treball: <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
Adopció mesures higiene: <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ	
ANAMNESI ESPECÍFICA	
Síntomes respiratoris (Dispnea, sibilàncies, tos, expectoració...)	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ
Síntomes osteoarticulars (Dolor pèlvic, dolor EI...)	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ
Síntomes orofaringis (Disfonia, laringitis, faringitis...)	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ
Síntomes urinaris (Poliúria, nictúria, pol·laciúria...)	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ
Síntomes generals (Astènia, pèrdua de pes, disminució rendiment...)	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ
Altres	
EXPLORACIÓ CLÍNICA ESPECÍFICA	
Exploració orofaríngia	<input type="checkbox"/> Sense alteracions valorables. Altres:
Exploració respiratòria Auscultació cardiorespiratòria	<input type="checkbox"/> SAV-CN Altres
Tacte rectal	<input type="checkbox"/> SAV-CN Altres
Altres. Consideracions	

ESTUDIS COMPLEMENTARIS	
Hemograma	<input type="checkbox"/> Examen en els límits de la normalitat (adjunteu-ho a la guia) <input type="checkbox"/> Examen amb alteracions (especifiqueu-ho):
Funció renal Urea Creatinina	_____ Ref. () _____ Ref. ()
Funció hepàtica GOT GPT GGT	_____ Ref. () _____ Ref. () _____ Ref. ()
Cd (uri)	
Proteïnúria / albuminúria β_2 – microglobulina RBP	
RX tòrax	
Espirometria (adjunteu-la a la guia)	FEV 1: CVF: I. Tiffeneau: FEV ₂₅₋₇₅ : <input type="checkbox"/> Examen en els límits de la normalitat <input type="checkbox"/> Alteració ventilatòria <input type="checkbox"/> Compatible amb patró restrictiu <input type="checkbox"/> Lleugera <input type="checkbox"/> Compatible amb patró obstructiu <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Compatible amb patró mixt <input type="checkbox"/> Severa <input type="checkbox"/> Altres <input type="checkbox"/> Molt severa
Altres	

AUTORS

Dr. Pere Sanz Gallén *¹
Dr. Ricard Badosa Gomà *²
Dr. Josep M. Molina Aragonés *³
Dr. Gabriel Rull Valdivia *⁴
Dr. Lluís Veciana Gramunt *⁴

Coordinació: Dr. Pere Sanz Gallén
Dr. Josep M. Molina Aragonés

1. Metge. Especialista Medicina del Treball. Prevengraf. ASPA Catalunya.
2. Metge. Especialista Medicina del Treball. Inprein. ASPA Catalunya.
3. Metge. Especialista Medicina del Treball. Departament de Salut.
4. Metge. Especialista Medicina del Treball. ICESE Prevenció S.L. ASPA Catalunya.

Societats científiques que han assessorat l'elaboració de la guia:

Societat Catalana d'Hematologia

Societats científiques i grups de treball que han revisat la guia:

Grup de Treball en Aspectes Sanitaris de Salut Laboral del Departament de Salut
Associació Catalana de Medicina del Treball
Associació d'Estudis de Prevenció i Salut Laboral
Societat Catalana de Medicina Familiar i Comunitària
Societat Catalana de Seguretat i Medicina del Treball
Societat de Salut Pública de Catalunya i Balears

Barcelona, desembre de 2004

Nota: L'ús de formes masculines en aquesta guia respon a la voluntat d'aconseguir un text més llegible i àgil. No se n'han de desprendre, doncs, connotacions sexistes o discriminatòries.



Generalitat de Catalunya
Departament de Salut
Direcció General de Recursos Sanitaris