

Respiratory health in construction workers exposed to silica containing dust

Dr.Ir. Evelyn Tjoe Nij

Samenvatting proefschrift

Promotiedatum: 20 november 2003

Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht

Achtergrond

Bij werkzaamheden in de bouwnijverheid bestaat het risico om blootgesteld te worden aan kwartsstof. Vooral tijdens werkzaamheden waarbij elektrisch (hand)gereedschap wordt gebruikt om kwartshoudende materialen te bewerken kan blootstelling aan hoge concentraties respirabel kwartsstof voorkomen. Deze blootstelling kan leiden tot silicose. Kwarts is ook kankerverwekkend bij mensen. Daarnaast is aangetoond dat er een verband bestaat tussen kwartsstofblootstelling en chronisch obstructieve respiratoire aandoeningen (COPD). Uit onderzoeken naar kwartsstofblootstelling in de bouwnijverheid, hoewel schaars, kan geconcludeerd worden dat er een groot risico op blootstelling aan kwartsstofconcentraties boven de grenswaarde bestaat. Er is dan ook grote behoefte aan effectieve beheersmaatregelen. Het ontwerpen en aanbevelen van effectieve beheersmaatregelen wordt echter bemoeilijkt door het gebrek aan kennis over factoren die de blootstelling bepalen.

Grenswaarden voor blootstelling aan kwartsstof zijn gebaseerd op onderzoeken bij andere beroeps populaties. De grootte van het risico op respiratoire aandoeningen als gevolg van blootstelling aan kwartsstof is nog niet bepaald voor werknemers in de bouwnijverheid. Betrouwbare prevalentie en incidentie gegevens voor silicose bij werknemers in deze industrie zijn niet beschikbaar. Ook zijn er niet voldoende betrouwbare blootstellinggegevens.

Doelstellingen

Het doel van het gezondheidskundig onderzoek was het evalueren van de aanwezigheid en de omvang van het risico op vroege aanwijzingen voor silicose onder werknemers in de bouwnijverheid met een verwachte hoge blootstelling aan kwartsstof. Voorts is onderzocht of er associaties bestonden tussen de aanwezigheid van silicose en respiratoire symptomen en veranderingen in de longfunctie. Om blootstellingsresponse relaties vast te leggen, zijn blootstellingschattingen uitgevoerd door deskundigen ("expert judgment") voor beroepsgroepen die ook bij het epidemiologisch onderzoek betrokken waren. Daarnaast zijn kwantitatieve blootstelling-

gegevens gebruikt om de consequenties van de inter- en intra-individuele variaties op een hypothetische blootstellingsresponse associatie te evalueren. Eveneens geëvalueerd is de effectiviteit van beheersmaatregelen. Om te bepalen of het stof van bouwplaatsen eigenschappen heeft die de toxiciteit van het kwartsstof kunnen beïnvloeden zijn de samenstelling van het stof en de fysische kenmerken onderzocht.

Viereneenhalf jaar na het baselineonderzoek is een herhalingsonderzoek uitgevoerd bij een aantal individuen met en zonder afwijkingen, om het voorkomen van silicose te bevestigen en gedetailleerder te bestuderen.

Methoden

In 1998 is een dwarsdoorsnede onderzoek uitgevoerd onder 1339 werknemers in de bouwnijverheid en in de natuursteenbranche naar radiologische afwijkingen die indicatief kunnen zijn voor silicose. Werknemers die steenachtige materialen slijpen, frezen, slopen, boren, polijsten en zagen werden geselecteerd voor het onderzoek (n=4173). In een mobiele röntgenunit werden röntgenfoto's van de borstkas gemaakt. Radiologische afwijkingen die indicatief zijn voor pneumoconiose werden bepaald door de mediane resultaten van lezingen van 3 gecertificeerde "B-readers" in de Verenigde Staten. Deze lezingen zijn gedaan volgens het in 1980 vastgestelde classificatiesysteem van de Internationale Arbeidsorganisatie (ILO). Vragenlijsten werden gebruikt om het arbeidsverleden, het voorkomen van respiratoire aandoeningen en symptomen, en de rookgewoonten in kaart te brengen. De spirometrische longfunctie werd eveneens bepaald. In 2002 is een herhalingsonderzoek uitgevoerd bij 96 deelnemers met verschillende fasen van pneumoconiose tijdens het baselineonderzoek. Bij dit onderzoek werden ook High Resolution Computed Tomography (HRCT) scans gemaakt. Naast dynamische longfunctieparameters werden ook statische longfunctieparameters en de diffusiecapaciteit bepaald. De HRCT scans werden door drie geoefende lezers in Duitsland beoordeeld. De röntgenfoto's uit het herhalingsonderzoek werden door twee "B-readers" beoordeeld. Alleen als de beoordelingen niet met elkaar in overeenstemming waren, werd een derde lezer betrokken bij de beoordeling. Om blootstellingsresponse relaties vast te stellen werden de uitkomsten van de gezondheidskundige onderzoeken gerelateerd aan een semi-kwantitatieve maat voor de cumulatieve kwartsstofblootstelling. Vanwege het ontbreken van voldoende blootstellinggegevens, werd de deskundige beoordeling

van drie arbeidshygiënisten met expertise op het gebied van kwartsstof blootstelling in de bouwnijverheid gebruikt om de blootstelling van verschillende beroepen te rangschikken. In combinatie met de duur van de blootstelling werd de cumulatieve blootstelling van de deelnemers geschat. Herhaalde metingen (n=67) werden uitgevoerd gedurende een hele werkdag (over een periode van 6 tot 8 uur) bij 34 werknemers. Deze werknemers hadden de volgende taken: boren in beton, voegen hakken, voegen, schoonmaken van de bouwplaats, slopen of puinruimen. Voor een gedetailleerde beschrijving van het stof dat wordt gegenereerd tijdens verschillende bouwwerkzaamheden, werden de morfologie, aantallen deeltjes, verdeling van de deeltjesgrootte en de samenstelling van het stof bepaald in 6 respirable stofmonsters met een "scanning" elektronenmicroscop (SEM) en een transmissie elektronenmicroscop (TEM). Vorming van hydroxyl radicalen en oplosbare transitie metalen werden gemeten in 2 monsters.

Resultaten

Uit het blootstellingonderzoek bleek dat meer dan de helft van de metingen uitkomt boven de Nederlandse Maximaal Aanvaarde Concentratie (MAC waarde) voor kwarts van 0,075 mg/m³ gedurende een 8 uur durende blootstellingstijd. De gemiddelde kwartsstof blootstelling was 0,40 mg/m³, variërend van 0,0016 tot 4,7mg/m³. Blootstellingmodellering toonde aan dat het groeperen per beroepsgroep niet tot uniforme blootstellinggroepen leidde, maar resulteerde wel in een betere hypothetische blootstellingresponse relatie dan zonder groeperen. Gedetailleerde karakterisering van stofmonsters toonde grote verschillen aan in samenstelling van het stof tussen de monsters van de verschillende werkplekken. Ook was oplosbaar aluminium aanwezig, dat de potentie heeft om de toxiciteit van kwarts te beïnvloeden aanwezig in de monsters.

De evaluatie van beheersmaatregelen toonde aan dat de effectiviteit van het natmaken van het bouw materiaal en ventilatie zeer hoog kan zijn. Echter, het verlagen van de blootstelling tot waarden onder de MAC waarde gedurende een volledige werkdag is moeilijk bereikbaar met enkelvoudige maatregelen. Het gebruik van alleen adembescherming is ook niet altijd voldoende om de blootstelling tot acceptabele niveaus te verlagen.

Het baselineonderzoek naar silicose toonde aan dat afwijkingen van de ILO profusie categorie 1/0 en groter op 10,2% van 1291 röntgenfoto's aangetoond kon worden en profusie categorie 1/1 en groter op 2,9%. De gemiddelde blootstellingduur van deze populatie was 19 jaar. Op de meeste foto's werden schaduwvlekken gevonden die onregelmatig van vorm waren. De afwijkingen waren vermoedelijk indicatief voor "gemengd stof pneumoconiose". De prevalentie van vroege aanwijzingen van nodulaire silicose (kleine ronde schaduwvlekken) was relatief laag (0,8%). Pneumoconiose (profusie categorie 1/1 of groter) was geassocieerd met cumulatieve kwartsstofblootstelling. Een groepsgemiddelde verlaging van het geforceerde expiratoire volume in 1 seconde (FEV₁) en de geforceerd vitale capaciteit (FVC) van respectie-

velijk 270 ml/s en 180 ml werd aangetoond bij werknemers met pneumoconiose (profusie categorie 1/1 of groter). De gemiddelde longfunctie van de werknemers in de bouwnijverheid was iets lager dan die van een Nederlandse referentiepopulatie. Er is geen associatie gevonden tussen de longfunctie en de cumulatieve blootstelling of de duur van de blootstelling. Er is alleen een groepsgemiddelde verlaging van het FVC van 5 ml per jaar gevonden voor de hoogste blootstellinggroep. De prevalentie van respiratoire symptomen was hoger in vergelijking met onderzoeken bij andere beroepsgroepen, maar een direct verband met de blootstelling kon niet worden aangetoond.

In het vervolgonderzoek bij de 96 individuen, werd op de HRCT scans van 13 individuen (16%) en op longfoto's van 11 individuen (12%), vroege aanwijzingen voor nodulaire silicose aangetoond. Pleurale afwijkingen werd op de HRCT scans van 29 individuen (37%) aangetoond. Het voorkomen van deze afwijkingen was duidelijk geassocieerd met cumulatieve kwartsstofblootstelling. Verlaagde waarden voor FEV₁ en gasdiffusie waren vooral geassocieerd met emfyseem in de longen. Emfyseem werd waargenomen op HRCT scans van 37% van de individuen. Het voorkomen van onregelmatige schaduwvlekken op de HRCT scan was niet geassocieerd met cumulatieve kwartsstofblootstelling of roken, maar wel met obstructieve en restrictieve longfunctiepatronen. Het voorkomen van emfyseem was voornamelijk geassocieerd met rookgewoonte. Andere onderzoeken suggereren dat emfyseem naast roken ook een gevolg is van kwartsstofblootstelling. Een verlaagde longfunctie bij werknemers die aan kwartsstof zijn blootgesteld zou ook eerder een gevolg kunnen zijn van de aanwezigheid van emfyseem dan van fibrose in de longen. Bij het vertalen van de onderzoeksresultaten van het vervolgonderzoek naar de hele oorspronkelijk uitgenodigde populatie van 4173, werd op basis van positieve en negatieve predictieve waarde, een prevalentie van grofweg 10% berekend voor vroege aanwijzingen van nodulaire silicose. Dit is een veel hogere schatting dan de 0,8% die in het dwarsdoorsnede onderzoek uit 1998 was gevonden. Risico analyse gebaseerd op blootstellingsgegevens suggereert dat zowel het risico op silicose als op longkanker verhoogd zijn indien werknemers gedurende hun hele werkzame leven zouden zijn blootgesteld aan 0,1 mg/m³ of meer respirabel kwartsstof.

De resultaten moeten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Er zijn maar een zeer beperkt aantal metingen verricht en de blootstellingschattingen die zijn uitgevoerd door de deskundigen kunnen meetfouten bevatten. Slechts 32% van de oorspronkelijk uitgenodigde individuen hebben deelgenomen aan het baselineonderzoek, hetgeen impliceert dat selectiebias mogelijk de onderzoeksresultaten heeft beïnvloed. Het fenomeen dat werkende individuen in beginsel gezonder zijn dan de algemene bevolking ("healthy worker effect"), kan de resultaten ook beïnvloed hebben. De mate van overeenkomst in de uitkomsten van de beoordelingen op pneumoconiose tussen de 3 beoordelaars van de röntgenfoto's in het baselineonderzoek was zwak ($\kappa=0,14$). Dit kan geresulteerd hebben in enige misclassificatie van de uitkomsten. In het vervolgonderzoek was de mate van overeenkomst voor de beoordeling van ronde schaduwvlekken, die kenmerkend zijn

voor silicose, goed bij zowel de beoordeling van de röntgenfoto's als de HRCT ($\kappa=0,68$ en $\kappa=0,69$ respectievelijk). Ook de overeenstemming voor de beoordeling van pleurale afwijkingen op de HRCT scan was goed ($\kappa=0,79$). De schatting van het percentage werknemers die risico lopen op het ontwikkelen van silicose in de bouwnijverheid geeft alleen de orde grootte aan en moet daarom omzichtig worden geïnterpreteerd. De benodigde blootstellinggegevens voor een accurate inschatting van het risico ontbreken en de risico schattingen moeten geconfirmereerd worden.

Conclusies

De gemiddelde dagblootstelling overschrijdt veelvuldig de MAC-waarde voor respirabel kwarts in de bouwnijverheid. De kwartsblootstelling werd vooral verklaard door het materiaal dat werd bewerkt. Voor een epidemiologische risico analyse kunnen groepen echter beter ingedeeld worden naar functie dan naar bewerkte materialen. Karakterisering van het stof toonde aan dat het stof van bouwplaatsen eigenschappen heeft, zoals de aanwezigheid van oplosbaar aluminium, die de toxische potentie kunnen beïnvloeden. De effectiviteit van beheersmaatregelen is potentieel hoog, maar het verlagen van de daggemiddelde blootstelling tot niveaus onder de MAC waarde is moeilijk realiseerbaar. Gecombineerd gebruik van technieken moet worden aanbevolen om de stofblootstelling te verlagen, omdat enkelvoudige maatregelen niet afdoende zijn.

Het baselineonderzoek suggereerde een verhoogd risico op gemengd stof pneumoconiose bij werknemers in de bouwnijverheid en de natuursteensector met verwachte hoge blootstelling aan kwartsstof. Nodulaire silicose werd in het baselineonderzoek bij slechts 0,8% van de onderzochte populatie aangetoond, maar de resultaten van het vervolgonderzoek suggereren dat de prevalentie ongeveer een factor 10 hoger ligt (circa 10%). Het voorkomen van gemengd stof pneumoconiose kon niet bevestigd worden. De aanwezigheid van afwijkingen van het longparenchym, zowel in de vorm van ronde als onregelmatige schaduwvlekken met een profusie categorie 1/1 of groter was geassocieerd met obstructieve en restrictieve longfunctieveranderingen in het baselineonderzoek. Emfyseem op de HRCT scan in het vervolgonderzoek bleek geassocieerd te zijn met rookgewoonte, maar niet uitgesloten kan worden dat kwartsstofblootstelling mede van invloed is geweest op de ontwikkeling van emfyseem. Emfyseem was wel geassocieerd met obstructieve longfunctieveranderingen, maar de afwijkingen aan het longparenchym niet.

Risico analyse gebaseerd op blootstellinggegevens gaf aan dat het risico op silicose en longkanker bij werknemers in de bouwnijverheid verhoogd is. Deze risicoschatting moet nog bevestigd worden.

Aanbevelingen

Silicose is een ongeneeslijke longaandoening, maar kan volledig worden voorkomen door het elimineren van de kwartsstofblootstelling. Het voorkomen van kwartsstofgerelateerde longaandoeningen zou veel meer aandacht moeten krijgen van alle verantwoordelijke partijen, zoals werkgevers, werknemers, overheid en experts, inclusief arbeidshygiënist en bedrijfsartsen, omdat het implementeren van beheersstrategieën in de bouwnijverheid gecompliceerd is. The Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) beveelt een preventieve strategie aan, gebaseerd op primaire preventie, namelijk het beheersen van de blootstelling aan de bron. Secundaire preventie wordt ook aanbevolen en zou toezicht op de werkomgeving moeten omvatten. Diagnose en gezondheidsbewaking worden beschouwd als essentiële componenten van elk programma gericht op het voorkomen van silicose, maar moet complementair aan beheersstrategieën zijn. Als vroege aanwijzingen voor silicose worden gediagnosticeerd, moet actie ondernomen worden om verdere blootstelling te voorkomen, en om progressie van de aandoening tegen te gaan.

Het is een grote uitdaging om werknemers in de bouwnijverheid te beschermen tegen te hoge kwartsstofblootstellingen. Het verhogen van het bewustzijn van de werknemers en inzicht in de determinanten van blootstelling om effectieve beheersstrategieën te ontwikkelen zijn noodzakelijk. Wegens het grote risico op blootstellingsniveaus boven de MAC waarde en de hoge prevalentie van werknemers met vroege aanwijzingen voor silicose, zou de effectiviteit van beheersmaatregelen, zoals afgesproken in het convenant tussen werkgevers en werknemers in de bouwnijverheid en ook beschreven in de beleidsregels van de overheid, opnieuw geëvalueerd moeten worden. Een kwantitatieve en wetenschappelijk degelijke evaluatie van de effectiviteit van beheersmaatregelen is dringend noodzakelijk.

Expertise om silicose te beoordelen moet in Nederland volgens internationaal geldende protocollen ontwikkeld worden. Voor het screenen van silicose is het maken van longfoto's voldoende, indien deze beoordeeld worden volgens de richtlijnen van de ILO.

Aanvullend onderzoek is nodig in de bouwnijverheid, om na te gaan of de blootstelling aan hoge concentratie kwartsstof geassocieerd is met een verhoogd longkankerrisico en om de grootte van dit risico rechtstreeks te berekenen.

Om de grootte van het silicose risico en de daarmee geassocieerde achteruitgang van de longfunctie te bepalen, moet ook onderzoek naar kwartsstofgerelateerde longaandoeningen uitgevoerd worden bij werknemers die de bouwnijverheid verlaten hebben. Voor een nauwkeurigere risico analyse zou de inschatting van de blootstelling door de 3 deskundigen (expert judgment) gevalideerd moeten worden door een uitgebreid blootstellingonderzoek. Determinanten van blootstelling en de effectiviteit van beheersmaatregelen moeten bepaald worden middels het meten van de blootstelling gedurende een volledige werkdag.