

IDENTIFICACIÓ PER TÈCNiques FÍSiques MICROANALÍTiques DE MICROCRISTALLS EXÒGENS I ENDÒGENS EN EL COS HUMÀ

per

JOSEP M. TURA I SOTERAS

Societat Catalana de Ciències Físiques
Químiques i Matemàtiques

Laboratori de Microscòpia Electrònica, I.T.Q.T.,
Centre d'Investigació i Desenvolupament del CSIC. Barcelona

i

ADOLF TRAVERIA I CROS

Institució Catalana d'Història Natural
Institut Jaume Almera del CSIC. Barcelona

SUMMARY

Microanalytical technology developed within the last fifteen years provides important information in diagnostic pathology. Scanning electron microscopy, including energy dispersive X-ray analysis, should become at least as valuable as polarized light microscopy, histochemistry and conventional transmission electron microscopy. Other as yet less available techniques such as X-ray photoelectron spectroscopy, secondary ion mass spectroscopy, Auger electron spectroscopy, and X-ray microdiffraction are also valuable. The pathologist should consider the use of microanalytic techniques in any disease process in which endogenous or exogenous materials may be present in the tissue in the same manner in which one would perform stains for microorganisms. Cases are present illustrating the tissue preparation and results of scanning electron microscopy, energy dispersive X-ray analysis and X-ray diffraction in diagnosis. The cases studied are part of the program Nr 2213 supported by the Secció de Ciències of the Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

RESUM

Les tècniques microanalítiques desenvolupades durant els darrers quinze anys proporcionen una informació important en el diagnòstic de malalties. La microscòpia electrònica de rastreig, incloent-hi l'anàlisi dispersiva d'energies de raigs X, hauria d'esdevenir almenys tan valuosa com la microscòpia òptica de polarització, la histoquímica i la microscòpia electrònica de transmissió convencional. Altres tècniques que encara són menys a l'abast, com és ara l'espectroscòpia de fotoelectrons originats per l'acció de raigs X, l'espectroscòpia de masses d'ions secundaris, l'espectroscòpia d'electrons Auger i la microdifracció de raigs X, també



Fig. 1. - Imatge sota llum polaritzada de la biòpsia pulmonar. Hom hi pot apreciar conjunts de microcristalls. (x 120).



Fig. 2. - Imatge per electrons secundaris de la biòpsia pulmonar. La part esquerra correspon a un conducte alveolar, la part central a bronqufolis respiratoris i la part dreta i inferior a conglomerats de microcristalls. Marques: 10 μm . (x 1.611).

són valuoses. El patòleg hauria de prendre en consideració l'ús de tècniques microanalítiques en qualsevol malaltia que presentés materials exògens o endògens en l'estructura tissular, de la mateixa manera amb què hom duu a terme tincions de microstructures. Són presentats en aquest treball casos que il·lustren les tècniques de preparació dels teixits i els resultats dels diagnòstics propiciats amb l'ajut de la microscòpia electrònica de rastreig, l'anàlisi dispersiva d'energies de raigs X i la difracció de raigs X. Els casos estudiats formen part del programa núm. 2213 de la Secció de Ciències de l'Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

Microcristalls exògens i endògens

L'esquelet i les dents normals del cos humà són formats pel biomineral anomenat *dabllita* (carbonat hidroxiapatita), que és un membre de la família de les apatites. L'altre únic biomineral que es presenta també en el cos humà és el carbonat càlcic, el qual forma part de l'orella interna. Els precipitats patogènics que tenen lloc en l'home són molt complexos i inclouen nombrosos biominerals, principalment fosfats, com la *dabllita* o bé el *fosfat octocàlcic*, i oxalats, com la *weddelita* i la *whewellita*. Els silicats són generalment biominerals exògens, fora del cas de la *silice opalina*. La inhalació de pols de SiO_2 , o bé de silicats és l'origen de diversos tipus de pneumoconiosi. El quars, en forma amorfa o bé cristal·lina, és l'origen de la silicosi. L'asbestosi és provocada per silicats càlcics, fèrrics i/o magnèsics, habitualment hidratats; l'estructura fibrillar d'aquests compostos és ben característica. El *talc* (silicat de magnesi hidratat) provoca la talcosi. El *caolí* (silicat d'alumini hidratat) ha estat detectat també en l'estudi de malalties pulmonars.

Els biocarbonats es presenten en la forma de tres fases polimòrfiques del carbonat càlcic (aragonita, calcita i vaterita). També han estat identificats càlculs formats per sulfats i fins i tot càlculs metàl·lics, bé que en aquest darrer cas es tracta sempre de pols exògenes (silicosiderosi: $\text{Si} + \text{Fe}$; argirosiderosi: $\text{Ag} + \text{Fe}$; estannosi: òxid d'estany).

La *dabllita* es troba també ben representada entre els productes de mineralització patogènica endògena; la seva precipitació és deguda segurament a acció bacteriana. Malgrat que hom ha pogut demostrar que la *dabllita* és produïda dins cèl·lules precisament per l'acció de bacteris, el creixement normal d'ossos té lloc en animals que han estat alimentats en condicions lliures de gèrmens. Així doncs, malgrat que les mineralitzacions patogèniques normalment impliquen l'existència de microorganismes, aquests elements biopatògens no han d'ésser associats inequívocament als biominerals que produeixen. En efecte, la natura d'un germen patògen pot no ésser tan important com els seus metabòlits. Hom ha demostrat que l'anhidrasa carbònica produeix cristal·lització de *dabllita* «in vitro». D'altra banda, l'àcid litofèlic sembla estar associat amb concrecions calcioses estomacals o bé intestinals, anomenades *benzoars*, i pot ésser el component principal d'alguna d'elles.

L'origen dels càlculs és encara en bona part desconegut; d'altra banda, hom

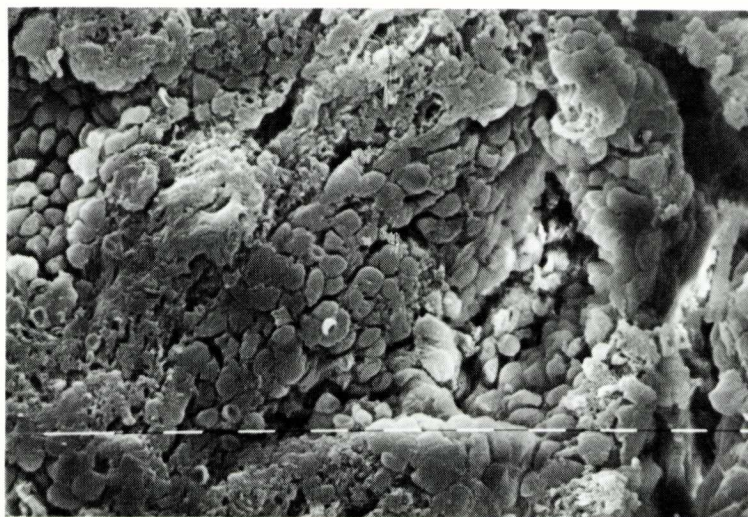


Fig. 3. - Imatge per electrons secundaris de la preparació polimentada. Hom pot apreciar l'allissament produït per la fricció. A la part superior esquerra hom aprecia bronquíols respiratoris, a la dreta dels quals hi ha microcalcificacions. Marques: 10 μm . (x 550).

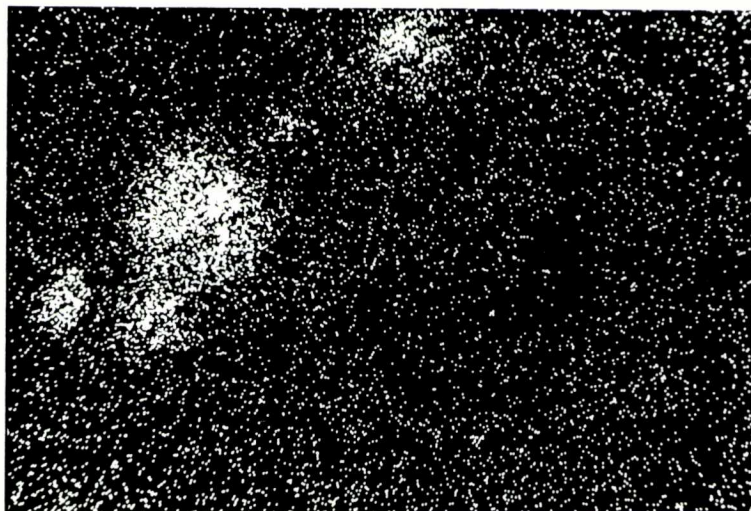


Fig. 4. - Mapping de la figura anterior corresponent al calci.

ha pogut comprovar que biominerals que apareixen en l'home també es poden donar en els primats. Hom ha comprovat que el cos té tendència a defensar-se de la irrupció de concrecions exògenes mitjançant la calcificació d'aquestes. Els elements patògens poden actuar, per tant, com a nucli de cristallització en el cas de calcificacions. Això també pot succeir en una cristallització no patogènica; així, per exemple, i gràcies a la microscòpia electrònica de rastreig, grànuls de proteïnes han estat detectats en la formació del dentat d'un fetus humà; els dits grànuls, segregats per les cèl·lules ameloblàstiques, poden representar la base damunt la qual els cristalls d'apatita que formen la dent són dipositats ¹.

Restes de fibres tèxtils han estat trobades dins càlculs biliars. En aquests tipus de concrecions hom ha detectat microorganismes com és ara bacteris, fongs, paràsits i llurs ous; aquests gèrmens poden sobreviure o bé romandre-hi morts; hom n'ha localitzat de morts i de recoberts amb una pel·lícula de bilirubina.

Nombrosos cristalls orgànics que no són reconeguts com a minerals poden aparèixer en els uròlits, com ara l'àcid úric, l'àcid úric dihidratat, etc. ². Alguns càlculs biliars, o *gallstones*, poden ésser formats principalment per colesterol ³, mentre que càlculs estomacals o intestinals constituïts majorment en animals, poden comprendre compostos orgànics com és ara queratina, àcid elàgic i, com hem dit abans, àcid litofèlic.

Mètodes físics microanalítics

Les tècniques més adequades per a l'estudi dels biominerals són la microscòpia òptica de polarització i de contrast de fases, la microscòpia electrònica i la difracció de raigs X.

La microscòpia electrònica de rastreig o de *scanning* (SEM) permet l'observació morfològica de la superfície dels càlculs, així com la localització d'aquests dins conductes o bé cèl·lules, quan hom estudia biòpsies. L'acoblament d'un analitzador de raigs X al microscopi electrònic permet la identificació d'elements químics en els càlculs. La microscòpia electrònica de transmissió (T.E.M.) fa possible la localització dels biominerals dins cèl·lules normals o bé dins macròfags. Els microscopis electrònics dotats d'una tensió d'acceleració superior a 100 KV permeten l'obtenció de diagrames de difracció d'electrons; en aquest cas és possible d'esbrinar *in situ* l'estructura cristal·logràfica de seccions ultrafines de càlculs. Una altra tècnica que facilita la identificació estructural és la difracció de raigs X; un refinament d'aquesta tècnica, anomenat microdifracció de raigs X, fa possible la identificació de microcristalls d'unes poques micres de grandària.

¹ BOYLE, A. *The Development of enamel structure*. Proc. Roy. Soc. Med. 60: 923-928 (1967).

² CIFUENTES DELATTE, L. *Composición y estructura de los cálculos renales*. Salvat Editores. Barcelona 1984.

³ ROS, E. *et al. Estudi de colelitiasi a la població de Catalunya*. (Comunicació personal).

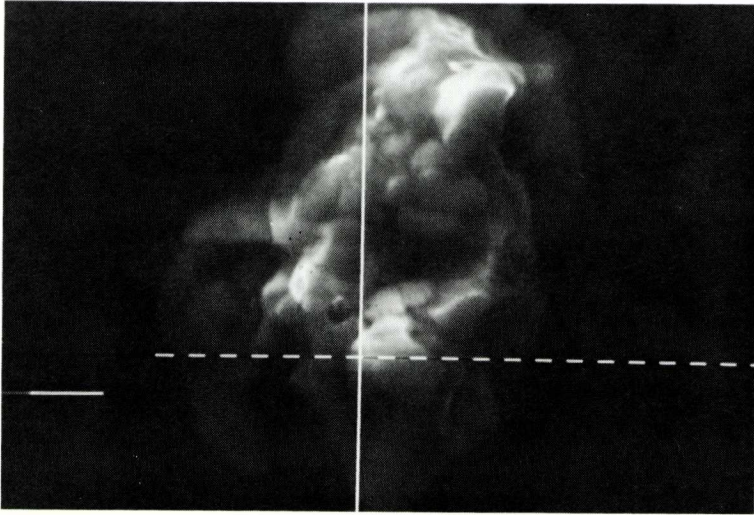


Fig. 5. - Imatge per electrons secundaris d'un conjunt de cristalls. Hom pot apreciar-hi clarament formes cristallines. Marques: 1 μm . (x 2.500).

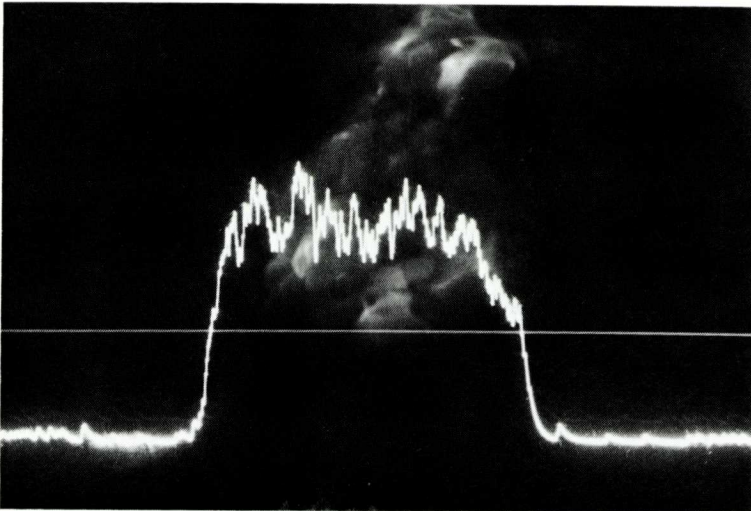


Fig. 6. - Anàlisi lineal de la zona indicada, corresponent al conjunt de cristalls de la figura anterior. Resposta de calci.

L'impuls aconseguit aquests darrers anys per la Física Microanalítica, en especial a partir de la comercialització de la XPS (*X-ray-photoelectron spectroscopy*) i dels seus accessoris, com és ara l'espectrometria de masses d'ions secundaris (SIMS) i l'espectroscòpia d'electrons Auger, ha permès la identificació dels elements químics dels càlculs, en especial de llurs elements orgànics. Això és possible gràcies a l'ultra alt buit (10^{-10} mmHg) amb què treballen aquestes tècniques. Hom pot localitzar la distribució d'un element químic en la superfície dels càlculs mitjançant la imatge en una pantalla dels electrons Auger característics del dit element.

Preparació de les mostres

En la microscòpia SEM i la microanàlisi EDX, la preparació de les mostres pot ésser idèntica a la de la microscòpia òptica, amb seccions semifines convencionals d'inclusions en blocs de parafina; cal substituir, però, els portaobjectes de vidre per portamostres de grafit. Manta vegada és necessària l'eliminació de la parafina amb la finalitat d'una banda, d'evitar resultats falsejats en l'anàlisi, i d'altra, d'aconseguir una bona imatge morfològica amb electrons secundaris; en aquests casos és convenient sotmetre la mostra a un procés de deshidratació adequat així com al recobriment posterior d'aquesta amb un ombrejat de grafit.

Una de les idees equivocades que hom acostuma tenir de la microanàlisi EDX és sobre la sensibilitat del mètode. L'anàlisi dispersiva d'energies de raigs X és sensible per a petites quantitats de material si aquest es troba concentrat en volums reduïts, com és ara micropartícules de dimensions inferiors a una micra; en casos així és possible de detectar masses de l'ordre de 10^{-7} g. Quan un element químic es troba difós a nivell de traces dins una matriu, el mètode EDX no és suficientment sensible, i hom ha de recórrer a l'espectroscòpia de masses d'ions secundaris, SIMS⁴ o bé a la microscòpia de camp ionitzador (*field ion microscopy*, FIM)⁵.

Resultats i discussió

Descriurem breument, a continuació, cinc treballs que formen part de l'abans esmentat programa de l'Institut d'Estudis Catalans, en els quals han estat identificats diversos materials cristallins de procedència exògena (per inhalació, injecció i ingestió) o endògena (fibrosi pulmonar i litiasi biliar). El conjunt de tre-

⁴ WERNER, H. W. *Electron and ion spectroscopy of solids*. L. Fiermans, J. Vennik and W. Dekeyser, Plenum Press, Nova York 1978.

⁵ MÜLLER, E. W. *Modern diffraction and imaging techniques in materials science*. (eds. S. Amelinckx, R. Gevers, G. Remaut and J. Van Landuyt). North Holland, Amsterdam 1970.

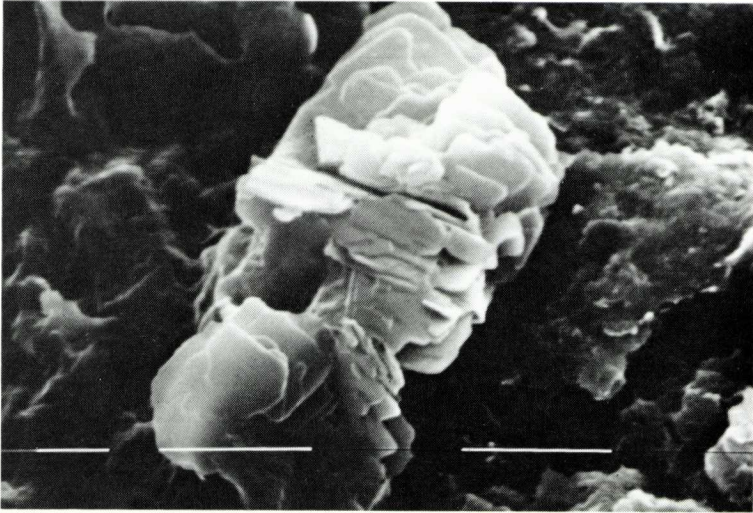


Fig. 7. - Conjunt de microcristalls de colesterol presents en bilis vesicular.
Marques: 10 μm . (x 2.500).

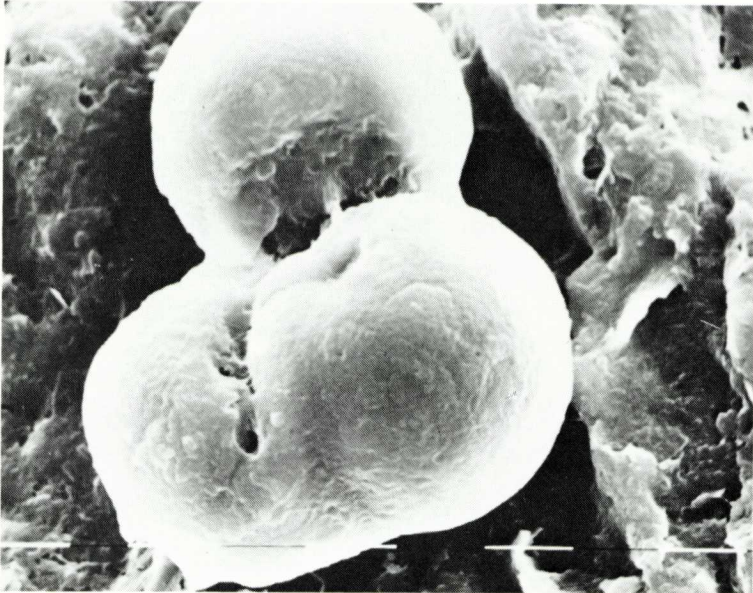


Fig. 8. - Conjunt de microsferules de carbonat càlcic present en bilis vesicular.
Marques 10 μm . (x 1.250).

balls d'investigació del dit programa han estat recollits en un volum dels «Arxius de la Secció de Ciències»⁶.

Cas núm. 1

*Identificació d'oxalat sòdic en un cas de fibrosi pulmonar*⁷.

En el cas estudiat, corresponent a una nena de nou anys que presentava problemes respiratoris, foren apreciades en una radiografia ombres miliars disseminades al llarg d'ambdós camps pulmonars. Aquestes ombres semblaven calcificades, però hom no ho pogué assegurar només amb l'observació de les radiografies; calgué dur a terme una biòpsia; l'estudi amb microscòpia òptica d'aquesta permeté d'apreciar que la superfície pulmonar era coberta amb mòduls blancs disseminats (figura 1), d'una mida que oscil·lava entre 2 μm i 30 μm . Aquests nòduls presentaven birefringència sota llum polaritzada i generalment formaven grups. Fou apreciada també l'existència d'abundants cèl·lules gegants multinucleades del tipus cos estrany, així com de macròfags. No foren observats fenòmens d'arteritis ni foren identificats fongs, cossos d'inclusió ni cèl·lules vegetals.

L'observació per microscòpia electrònica de rastreig del teixit alveolar permeté de diferenciar conductes alveolars, bronquíols respiratoris i conjunts de microcalcificacions (figura 2). Hom polimentà per fricció mecànica la mateixa zona de la biòpsia (figura 3) per tal d'aconseguir la màxima resolució en la microanàlisi EDX. La resposta EDX corresponent a la línia $K\alpha$ del Ca donà el *mapping* indicat a la figura 4. Hom pogué estudiar directament (figura 5) els nòduls cristallins mitjançant la digestió del teixit orgànic per mètodes químics⁸. La figura 6 mostra l'anàlisi lineal de la zona indicada, que correspon al conjunt de cristalls de la figura anterior.

Hom estudià una part de la biòpsia per difracció de raigs X, però els resultats obtinguts foren realment sorprenents: aquells teixits contenien oxalats. Immediatament sorgien les preguntes: D'on procedia l'oxalat? N'és realment? Cal considerar que el nombre de línies de què disposàrem era escadusser, per la quantitat de mostra gairebé microscòpica que teníem; altrament la resposta hauria estat categòrica.

El teixit objecte de la biòpsia fou tractat amb potassa alcohòlica, amb la finalitat d'eliminar la matèria orgànica. Del diagrama de raigs X aconseguit foren eli-

⁶ Arxius de la Secció de Ciències (Vol. en preparació). Barcelona 1985.

⁷ ROCA, J., TRAVERIA, A., TURA, J. M., VILA, J., BORBÓN, J., i MARSAL, M. Identificació d'oxalat sòdic per microscòpia electrònica de rastreig (SEM), anàlisi dispersiva d'energia de raigs X (EDXA) i difracció de raigs X (XRD) en fibrosi pulmonar.

⁸ DE NEE, PB: *Identification and analysis of particles in biological tissue using SEM and related techniques*. Johari, 0 (Ed): SEM Vol. 2, Chicago, IIT Research Institute, 1976, p. 461.

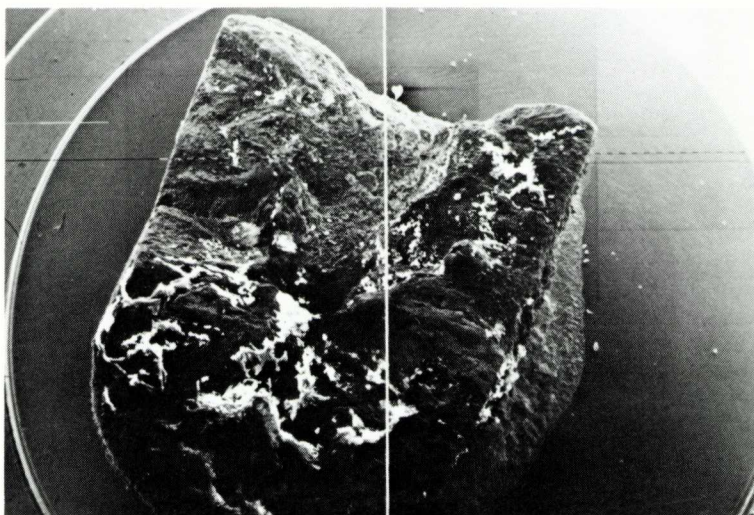


Fig. 9. - Càlcul biliar fracturat, majoritàriament de colesterol.
Marques: 100 μm . (x 10).



Fig. 10. - Zona de l'interior del càlcul que correspon a l'encreuament de la figura anterior.
Hom pot observar microfèrules de carbonat càlcic envoltades de cristalls de colesterol.
Ombrejat amb grafit. Marques: 10 μm . (x 640).

minades les línies corresponents al carbonat potàssic generat a partir de la potassa i el diòxid de carboni de l'aire. La resta de línies són les que considerem pròpies de la substància cristallina de la biòpsia. De la lectura del diagrama hom pogué comprovar que aquest s'ajustava bastant bé amb l'oxalat sòdic $[(Na\ COO)_2]$ com a majoritari, acompanyat d'àcid oxàlic dihidratat $[(COOH)_2 \cdot 2H_2O]$ com a minoritari, el qual encaixa amb la presència de l'anterior i en certa manera la confirma.

D'altra banda, la presència d'oxalat i d'oxàlic no l'hem admesa com a possible fins que hem trobat esment de l'aparició d'oxalat càlcic en teixit pulmonar al treball «Oxalate bodies, another reaction of the humana lung to asbestos inhalation»⁹, els autors del qual afirmen que només hi ha una cita de la presència d'aquestes espècies (Le Bouffant) en aquest tipus d'estructura tisular.

Evidentment sorprèn la presència de sal sòdica, però no deixa de cridar l'atenció que les línies que deixa lliures la fitxa de l'oxalat sòdic encaixin amb altres de l'àcid, cosa força raonable si l'aparició de la sal prové de l'àcid a partir d'una reacció que no té lloc en un 100 %. Una de les mostres fou portada personalment amb motiu d'un viatge a París a Longjumeau, per a obtenir la microdifracció a l'empresa Jobin-Yvon. El diagrama arribat a les nostres mans era molt similar a l'abans aconseguit per nosaltres.

D'altra banda, la detecció de Ca per part de l'EDX pot ésser interpretada com un procés de calcificació dels nòduls cristallins.

Cas núm. 2

*Microestructura de càlculs biliars*¹⁰

La identificació de microcristalls en la bilis vesicular pot ajudar a predir la composició de càlculs biliars. La figura 7 mostra un conjunt de cristalls de colesterol que formen part del sediments biliar d'un malalt sotmès a drenatge. Aquests tipus de microcristalls foren detectats en el 90 % de les bilis de pacients que presentaven càlculs de colesterol en un treball dut a terme pel Servei de Gastroenterologia de l'Hospital Clínic i Provincial de Barcelona³. Microsfèrules, de carbonat càlcic (figura 8) foren identificades en la bilis de pacients que en ésser colecistectomitzats presentaren càlculs de composició majoritària de vaterita. La figura 9 correspon a un càlcul del mateix pacient de la figura 7. L'estudi estructural del càlcul per difracció de raigs X confirmà que es tractava d'una concreció de coles-

⁹ DE VUYST, P., JEDWAB, J., ROBIENCE, Y., and YERNAULT, J.-C. «Oxalate bodies», another reaction of the human lung to asbestos inhalation? Eur. J. Respir. Dis. 63, 543-549. Munksgaard, Copenhagen 1982.

¹⁰ ROS, E., TURA, J. M., TRAVERIA, A., DURFORT, M., RODÉS, J., RIBÓ, J. M., i MARSAL, M. *Microestructura i microanàlisi de càlculs biliars per Microscòpia electrònica de rastreig, anàlisi dispersiva d'energies de raigs X i difracció de raigs X*. Arxius de la Secció de Ciències, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona 1985 (en preparació).

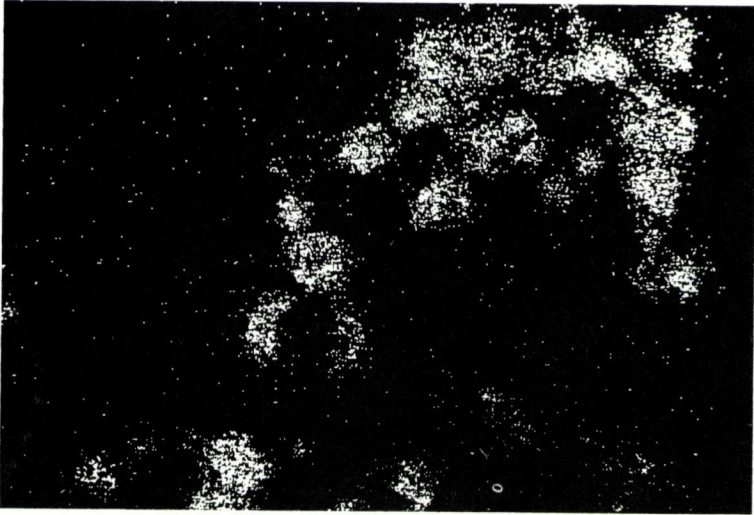


Fig. 11. - Mapping de calci de la mateixa àrea de la figura anterior.

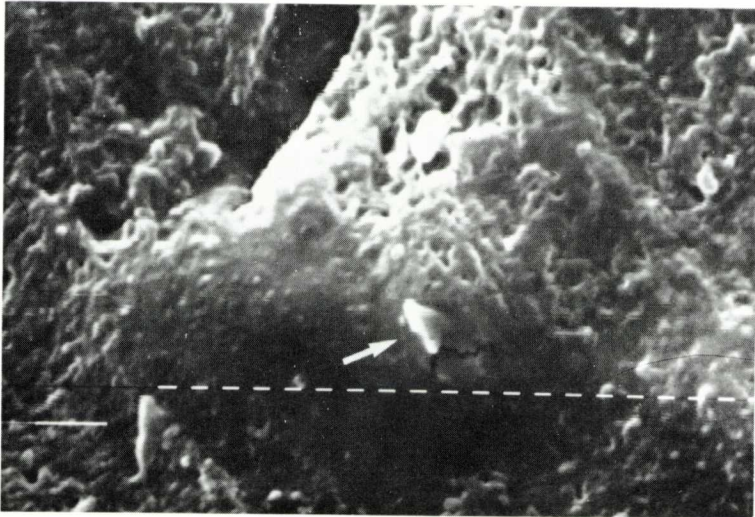


Fig. 12. - Biòpsia hepàtica. La fletxa indica un fragment de tub de silicona emergint d'un sinusoid. Metallització amb carbó. Marques: 1 µm. (x 2.500).

terol ($C_{27}H_{46}O$). L'anàlisi més aprofundida d'aquest càlcul per microscòpia electrònica de rastreig i microanàlisi EDX posà de manifest que en la seva part central aparegueren microsferules de carbonat càlcic, envoltades per colesterol (figures 10 i 11). Els resultats confirmen la fiabilitat de la presència de cristalls de colesterol al sediment biliar com a marcadors de la colelitiasi de colesterol.

Cas núm. 3

*Identificació per microscòpia electrònica i per anàlisi dispersiva d'energies de raigs X, de partícules de silicó en el fetge d'un pacient en programa d'hemodiàlisi*¹¹.

En els pacients amb insuficiència renal crònica en programa d'hemodiàlisi, hom ha referit alteracions histològiques i bioquímiques hepàtiques associades al dipòsit de partícules de silicó provinents dels tubs utilitzats en els aparells de diàlisi.

Hom ha estudiat el cas d'un pacient amb insuficiència renal crònica que presentava episodis febrils relacionats amb sessions d'hemodiàlisi que desaparegueren en canviar de centre de diàlisi. A l'exploració física hom trobà hepatosplenomegàlia, i en l'anàlisi hom observà una alteració de les proves hepàtiques. L'estudi histològic hepàtic mostrà l'existència de fibrosi portal, infiltrat inflamatori, necrosi d'hepatòcits i un granuloma epitelioid. L'examen de la mostra hepàtica amb un analitzador dispersiu d'energies de raigs X (EDX), acoblat a un microscopi electrònic de rastreig, demostrà la presència de partícules de silicó entre els sinusoides i els hepatòcits (figures 12 i 13).

Cas núm. 4

*Identificació de microstructures cristallines en un cas d'ingestió voluntària*¹²

Hom estudià el cas d'una pacient que es queixava de grans dolors intestinals, que ella atribuïa a una substància blanquinosa present a la seva femta; això li succeïa des de feia anys. Hom féu un estudi de la dieta de la malalta, per si prenia marisc o algun altre aliment que pogués contenir restes sorrenques; el resultat

¹¹ ESTRUCH I RIBA, R., TURA, J.M., URBANO ISPIZUA, A., BRUGUERA, M., MARSAL, M., i URBANO-MÁRQUEZ, A. *Identificació per microscòpia electrònica i per anàlisi dispersiva d'energies de raigs X de partícules de silicó en el fetge d'un pacient en programa d'hemodiàlisi*. Arxius de la Secció de Ciències, Institut d'Estudis Catalans. Barcelona 1985 (en preparació).

¹² TURA, J.M., RODÉS, J., TRAVERIA, A., BORBÓN, J., MARSAL, M., i OLIVELLA, I. *Identificació de microstructures cristallines en un cas d'ingestió voluntària, per microscòpia electrònica de rastreig, difracció de raigs X i microanàlisi dispersiva d'energies de raigs X*. Arxius de la Secció de Ciències, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona 1985 (en preparació).

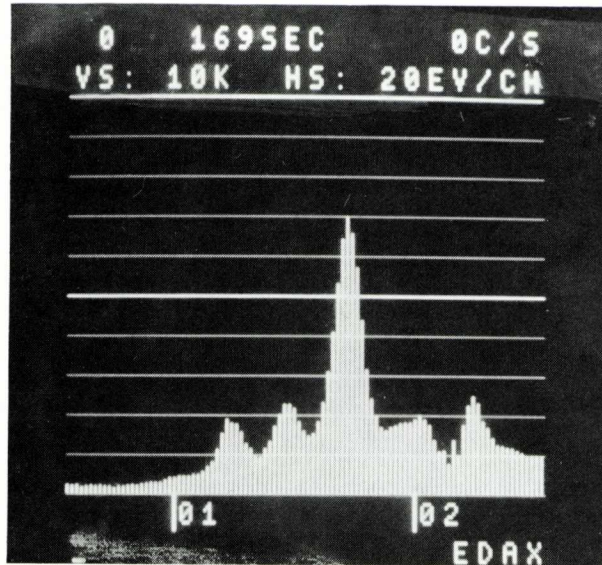


Fig. 13. - Anàlisi EDX d'una de les inclusions trobades al teixit hepàtic del pacient. Hom pot apreciar-hi el pic predominant del Si, principal element de la sílicona. Pics menors de Mg, Al i Au hi són també observables; l'or correspon a la metallització.

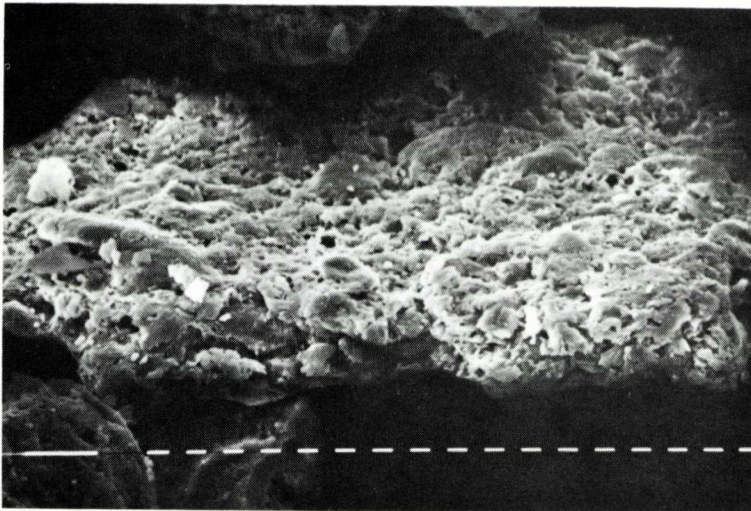


Fig. 14. - Talc i altres partícules presents a la mostra.
Marques: 10 μm . (x 320).

fou negatiu. El cas fou iniciat a requeriment del marit de la pacient, un senyor d'uns seixanta anys.

Hom aïllà la part inorgànica de la femta liofilitzada mitjançant una extracció amb cloroform; aquesta extracció separà la mostra gravimètricament; la part que surava era fosca, mentre que la que es dipositava era blanquinosa. Aquestes dues fraccions foren analitzades per difracció de raigs X. La primera, la que surava, no donà cap resposta, només soroll de fons. Era, per tant, amorfa. La segona fracció, al contrari, presentà un diagrama de raigs X característic del SiO_2 (quars) i del $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (talc). El pòsit d'aquesta segona fracció fou observat per microscòpia electrònica de rastreig, emprant talc comercial com a patró. Hom detectà talc a la mostra problema (zones més brillants de la figura 14). L'anàlisi dispersiva d'energies de raigs X (EDX) confirmà la presència de Si i de Mg, així com la de traces de fòsfor, de bari i d'alumini. Cristalls de quars d'una mida considerable (entre 200 i 270 micres) foren detectats en aquesta segona fracció (figura 15).

El conjunt d'anàlisis de la mostra blanquinosa donà com a resultat la determinació de quars i de talc com a cossos estranys.

Davant la possibilitat que es pogués tractar d'un cas d'ingestió voluntària de quars per part de la pacient, i davant la circumstància que talc pur no es troba lliure a Catalunya, hom procedí a analitzar talc comercial i talc mèdic. Hom posà de manifest la presència majoritària en aquests productes de talc i de quars d'unes dimensions i d'unes característiques morfològiques semblants als observats en la mostra problema (figura 16).

Els autors d'aquest treball lliuraren directament llurs resultats als facultatius que portaven el cas de la pacient. Aquests confirmaren que era probable que es tractés d'un cas d'autoingestió voluntària de productes tòxics, ja que la malalta es trobava en tractament de desequilibri psíquic. Aquests casos es presenten en pacients que pretenen de cridar l'atenció de les persones que els envolten, per motius de solitud, de manca d'atenció, etc.

Hom aconsellà als facultatius que tractaven la pacient que si no era possible d'evitar que aquesta ingerís talc comercial, caldria canviar-li, discretament, el contingut del pot de talc comercial del seu domicili, per un producte d'aspecte semblant que no contingués cristalls. És possible que el dolor del qual es queixava la pacient fos degut a la retenció temporal de partícules de quars dins les vellositats de la membrana mucosa que recobreixen la superfície interna de l'intestí prim¹³.

¹³ FUJITA, T., TOKUNAGA, J. and INOUE, H. *Atlas of Scanning Electron Microscopy in Medicine*. Elsevier Publishing Comp. AMSTERDAM 1971.

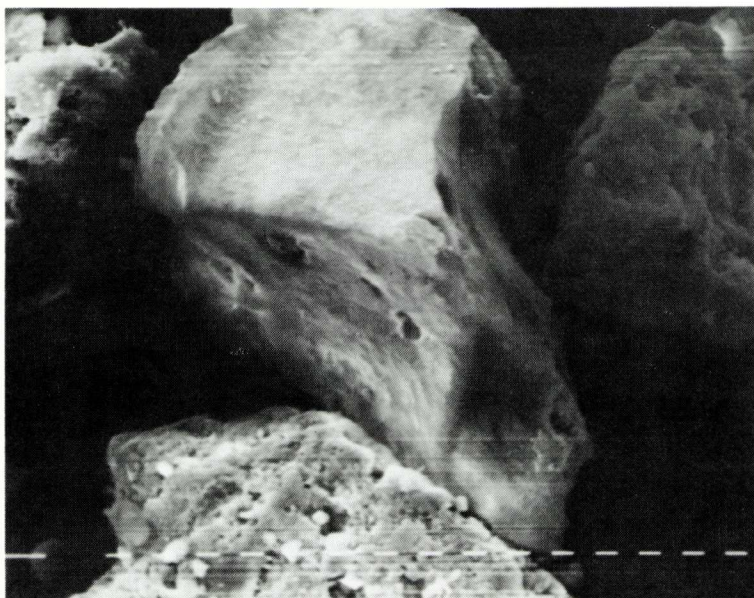


Fig. 15. - Cristall de quars. Marques: 10 μm . (x 320).

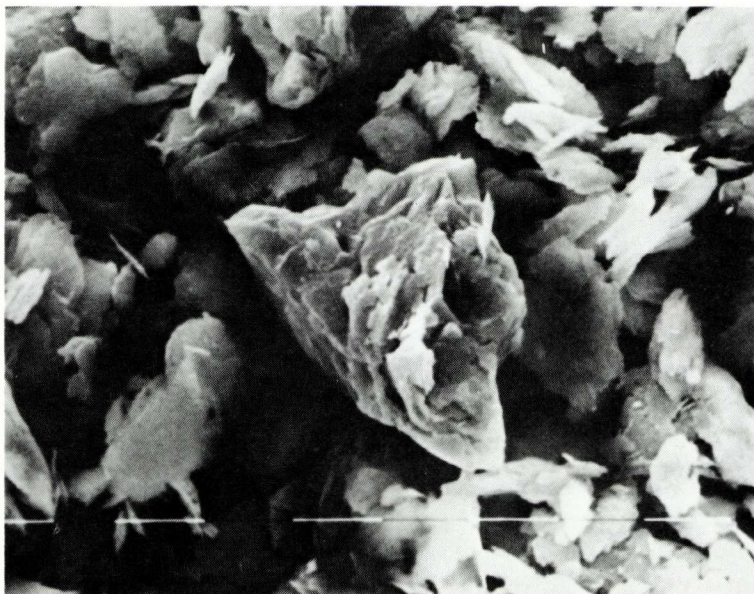


Figura 16. - Cristall de quars present dins talc mèdic. Hom pot observar diverses partícules de talc damunt de la superfície. Marques: 10 μm . (x 1.250).

Cas núm. 5

*Determinació de silicats en un cas de pneumoconiosi*¹⁴

A una malalta de 38 anys li fou detectat, en una radiografia de tòrax duta a terme casualment, un patró intersticial nodular amb predomini a les bases pulmonars. La pacient tenia antecedents laborals de treballs amb ceràmiques durant vuit anys. Hom dugué a terme una biòpsia pulmonar per determinar el diagnòstic, la qual mostrà una fibrosi moderada, amb presència de partícules birefringents. Hom decidí de fer un estudi amb SEM i EDX per tal de precisar la composició de les partícules trobades. La figura 17 mostra un conjunt de fibres, l'anàlisi EDX de les quals posà de manifest que es tractava d'asbest, probablement amfibòlic, amosita o antofilita. A la figura 18 hom pot apreciar un conjunt de partícules, l'anàlisi EDX individual de les quals donà una resposta intensa de Si, així com pics no tan predominants de Al, K, Ca, Fe, Mg i Ti. Comparant aquests resultats amb els d'altres autors,^{15, 16} hom arribà a la conclusió que es tractava d'un cas de pneumoconiosi (silicosi) provocada per inhalació de silicats.

¹⁴ MONSÓ, E., TURA, J.M., BORBÓN, J., FIGUERAS, A., MARSAL, M., i BERNADÓ, LL. *Estudi per microscòpia electrònica de rastreig i microanàlisi EDX de tres casos de pneumoconiosi*. Arxius de la Secció de Ciències, Institut d'Estudis Catalans. Barcelona 1985 (en preparació).

¹⁵ MACCRONE, W. C., BROWN, J.A., STEWART, I.M., *The particle atlas*. Ann Arbor Science Publishers, Michigan, 1980.

¹⁶ ABRAHAM, J. L., *Scanning Electron Microscopy as an aid in diagnosis- an overview*. Scanning Electron Microscopy, Vol. II, 1977. Proceedings on the Workshop on Biomedical Applications. I.I.T. Research Institute, Chicago, E.U.A.

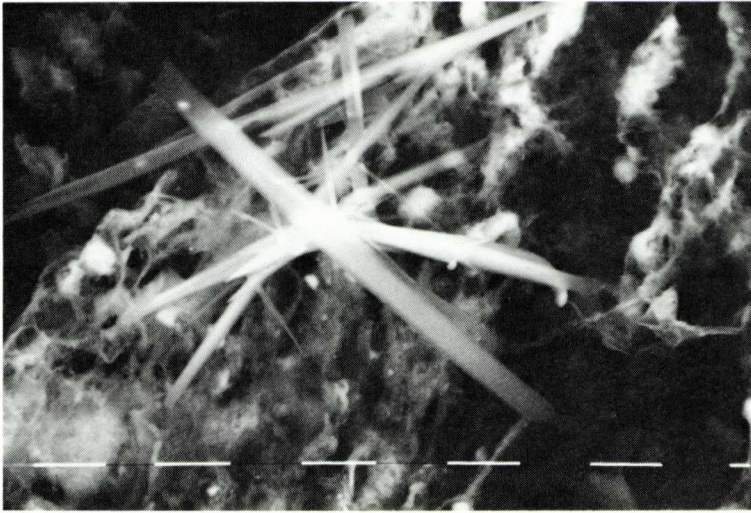


Figura 17. - Fibres d'asbest damunt l'estructura alveolar. Hom pot apreciar també nombroses microfibrilles. Marques: 10 μm . (x 1.611).

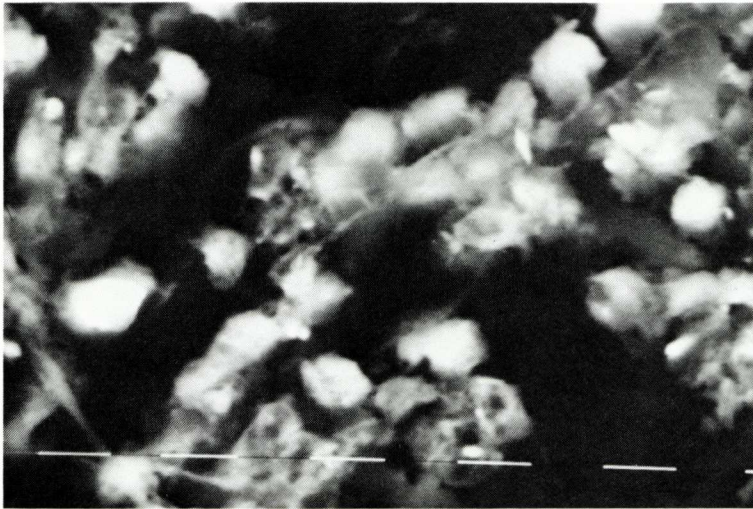


Figura 18. - Zona de partícules analitzada individualment. Imatge per electrons secundaris. Marques: 10 μm . (x 1.597).