كلية طب الأسنان

مقرر
النانو وطب الأسنان
(DEFE902)

(المحاضرة الثامنة)

مخاطر الجسيمات النانوية
Hazards of Nanoparticles

الفصل الدراسي الأول

2025-2026

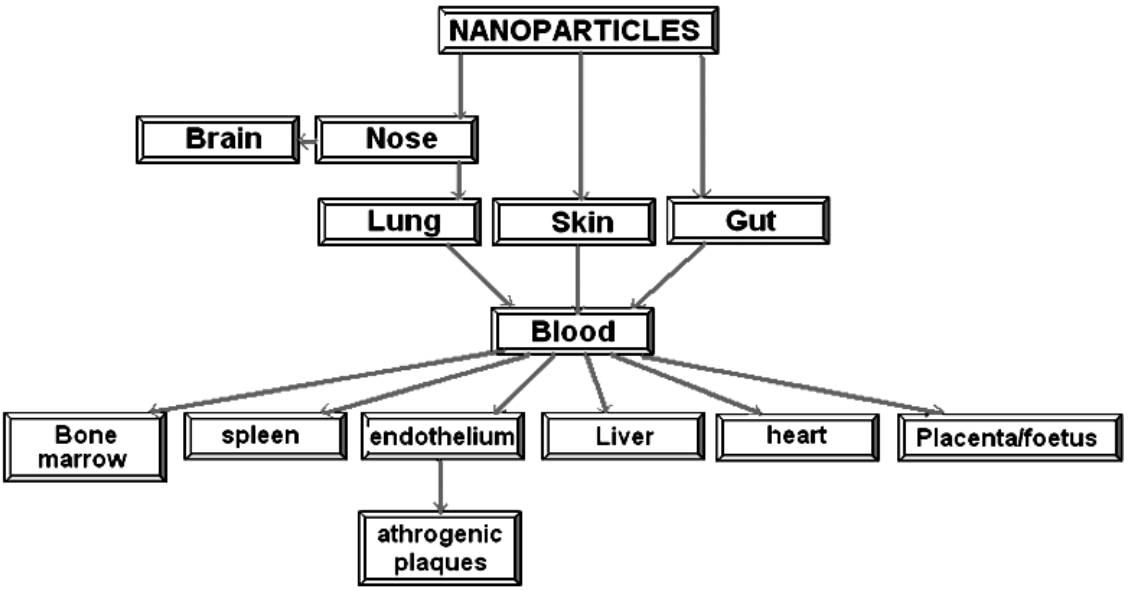
Dr. M. Moualla

مقدمة Introduction:

بالرغم من امتلاك تقنية النانو العديد من التطبيقات التي تشمل جميع نواحي الحياة، فقد بينت الدراسات العلمية الحديثة إمكانية حدوث آثار جانبية لاستخدام هذه التقنية في جسم الإنسان والبيئة المحيطة به، لأن الجسيمات النانوية تستطيع نتيجة صغر حجمها النفاذ بسهولة عبر الجلد والرئتين والأجهزة المعوية للإنسان دون معرفة تأثيرها بدقة على صحة الإنسان.
يمتلك جسم الإنسان وسائل دفاع عديدة ضد الأجسام الغريبة، بعض هذه الوسائل قد يكون غير فعال ضد الجسيمات النانوية. بينت العديد من الدراسات التي أجريت على حيوانات مختلفة أن السمية الناتجة عن الجسيمات النانوية لا تعتمد فقط على الحجم الصغير جداً لها، وإنما على العديد من العوامل الأخرى كميلها إلى التجمع ذاتياً ومساحة السطح الكبيرة وتركيبها الكيميائي بالإضافة إلى قابليتها للذوبان، مما يزيد من صعوبة تحديد الآثار السمية ودرجة الخطورة على جسم الإنسان.

المخاطر على الإنسان Hazards to human:

تستطيع الجسيمات النانوية النفاذ إلى داخل جسم الإنسان عبر الأنف (خلال الاستنشاق) أو عبر مسامات الجلد بكل سهولة، حيث تعد كلاً من الجروح والندبات الجلدية من أكثر الأماكن خطورة لنفاذ الجسيمات النانوية إلى داخل الجسم البشري، حيث أنها تمتلك القدرة على النفاذ إلى الدم مخترقةً كل الحواجز الرئوية بسبب حجمها الصغير جداً، ثم تجري مع الدم وتتوزع في معظم أنحاء الجسم دون أن يشعر الإنسان بها.
بينت العديد من البحوث العلمية الحديثة إمكانية تجمع هذه الجسيمات في معظم أعضاء جسم الإنسان كالرئتين، الدماغ، الكلى، القلب، خلايا الدم، الجهاز العصبي المركزي، الكبد، الطحال، العظام وأعضاء أخرى، مما يؤكد على السمية الكامنة للجسيمات النانوية. وقد بينت هذه الدراسات أيضاً أن بعض أنواع هذه الجسيمات لها تأثير محفز، أي تمتلك القابلية لتوليد الجذور الحرة المسؤولة عن الأورام السرطانية. بالإضافة إلى ذلك قد تؤدي الجسيمات النانوية إلى حدوث الالتهابات ما يعني ضعف مناعة الجسم، ناهيك عن تأثيرها السلبي على عمل بعض الأنزيمات والبروتينات.
بما أن الهواء (في مكان العمل أو في الطبيعة) هو أحد مصادر التعرض المحتمل للجسيمات النانوية، فقد تبين أنه لها القابلية على قتل خلايا رئة الإنسان بالمختبر وأنها ذات سمية عالية على رئة الفئران ايضاً. بينت بعض الدراسات العلمية الحديثة أن استخدام أنابيب الكربون النانوية ضمن جسم الإنسان قد يحدث داء الاسبستوس (تليف الرئة) وقد يؤدي إلى سرطان الرئة.
أما في ما يتعلق بالدماغ، فقد أظهرت أبحاث أخرى قدرة بعض الجسيمات النانوية على الانتقال إلى الدماغ (تستطيع عبور الحاجز الدموي الدماغي) عبر الجهاز العصبي المركزي بعد الاستنشاق، في حين أن المسار الدقيق لذلك غير مؤكد، إلا أن العصب الشمي يعتبر إحدى الآليات.



الشكل1: ملخص المسارات السمية الافتراضية للجسيمات النانوية.

قد يؤدي تسرب الجسيمات النانوية الموجودة في مواد التعويضات السنية و حشوات الكومبوزيت والملغم إلى انتشارها في لب الأسنان أو اللثة مما يعني احتمالية وصولها إلى الدم. قام العلماء بدراسة تأثير الجسيمات النانوية المستخدمة في تصنيع حشوات الكومبوزيت والملغم على الأجنة باستخدام أجنة الفئران المخبرية، حيث تم حقن هذه المواد تحت جلد الكيسة الأريمية الفأرية (mouse blastocysts) في المخبر ثم تم إجراء اختبار السمية الجنينة باستخدام مصل دم المضيف (الجنين). أظهرت النتائج أن حشوات الكومبوزيت النانوية تسببت في تحلل الكيسة الأريمية وموت الخلايا مما يؤكد أثرها السمي على الأجنة البشرية.

نشأ حديثاً ما يعرف بعلم التسمم النانوي الذي يعنى بدراسة السمية الناجمة عن تفاعل الجسيمات النانوية مع الجسم البشري، فالعناصر كبيرة الحجم قد لا تكون سامة، لكن نفس هذه العناصر ما إن يُصغر حجمها إلى المستوى النانوي تتغير خواصها الفيزيائية والكيميائية وبالتالي يمكن أن تصبح سامة، وأهم تلك الخواص التي لها علاقة وثيقة بالتسمم هي صغر الحجم وكبر المساحة السطحية للجسيمات النانوية.

قامت منظمة الصحة العالمية بالتعاون مع منظمات المجتمع المدني المهتمة بتقانة النانو بتنظيم مؤتمرات سنوية لبحث الأخطار الكامنة وراء استخدام الجسيمات النانوية في حياتنا اليومية. عقد في مدينة بروكسل عام 2008 أول مؤتمر عالمي حول مخاطر تقنية النانو وتأثيراتها الصحية المحتملة على الإنسان والبيئة، وقد خلص هذا المؤتمر التأسيسي إلى أن تقانة النانو هي عبارة عن سلاح ذو حدين، فبالرغم من الإيجابيات العديدة لاستخدام هذه التقنية إلا أن استخدامها ينطوي على مخاطر عديدة على صحة الإنسان، فقد بينت الدراسات والأبحاث العلمية أن الجسيمات النانوية بأقطار $(D \leq 300nm)$ تستطيع بسهولة اختراق الجسم والوصول إلى الخلايا الحية، في حين أن الجسيمات ذات الأقطار $(D = 70nm)$ تستطيع

الولوج عميقاً إلى داخل نواة الخلية الحية في الجسم البشري. من هنا يبرز الخطر الكبير الذي قد ينتج عن تفاعل هذه الجسيمات النانوية وخلايا الجسم البشري مما يعني إمكانية حدوث تغيير في خصائص الخلية أو حتى تسممها وموتها، فقد بينت عدة أبحاث علمية أن الجسيمات النانوية لها أثر تدميري على الخلايا على المدى البعيد.

بسبب صغر الجسيمات النانوية فإن الكمامات والأقنعة الواقية بمختلف أنواعها غير فعالة في الحماية منها، لقدرة هذه الجسيمات على اختراقها بسهولة.

تعتبر تقانة النانو من أحدث العلوم وأمام العلماء الكثير من الأبحاث والاستكشافات في هذا المجال، فلا يزال هناك حاجة لإجراء دراسات علمية لفهم آلية تركز الجسيمات النانوية داخل الخلايا وسميتها الخلوية. من المهم دراسة انتقال هذه الجسيمات عبر الأغشية الخلوية (على سبيل المثال إلى الميتوكوندريا) وفهم آثارها السامة (مثل الإجهاد التأكسدي، وإنتاج السيتوكينات الالتهابية، وموت الخلايا المبرمج). توفر مثل هذه الدراسات على الخلايا المختبرية فهماً لآليات السمية، وبالتالي كيفية استجابة آليات الدفاع الخلوية والتأثيرات المسببة للأمراض المحتملة.

Best of luck my dears