Chemical Foundations of Aging

الأسس الكيميائية للشيخوخة

١. الإجهاد التأكسدي(Oxidative Stress)

- تنتج الخلايا جزيئات تُسمى **الجذور الحرة** أثناء العمليات الحيوية الطبيعية.
- هذه الجذور الحرة قد تُتلف:
  - الحمض النووي(DNA)
  - البروتينات
  - الدهون في أغشية الخلايا
- تراكم هذا التلف مع الوقت يُعد من أهم الأسباب الكيميائية للشيخوخة.

٢. تلف الحمض النووي(DNA Damage)

- التفاعلات الكيميائية والإشعاع والمواد المؤكسدة قد تُسبب طفرات في الـDNA.
- قدرة الخلايا على إصلاح هذا التلف تقل مع التقدم في العمر.
- يؤدي ذلك إلى ضعف وظيفة الخلايا أو موتها.

٣. البروتينات والشيخوخة(Protein Aging)

- مع الزمن تتعرض البروتينات لتغيرات كيميائية مثل:
  - الأكسدة
  - الارتباط غير الطبيعي بالسكريات(Glycation)
- هذه التغيرات تقلل من كفاءة البروتينات والإنزيمات.

٤. الشيخوخة والميتوكوندريا

- الميتوكوندريا مسؤولة عن إنتاج الطاقة في الخلية.
- التفاعلات الكيميائية داخلها تُنتج جذورًا حرة.
- تلف الميتوكوندريا يقلل الطاقة ويزيد من مظاهر الشيخوخة.

٥. التغيرات الكيميائية في الأغشية الخلوية

- أكسدة الدهون تؤثر على مرونة الأغشية الخلوية.
- هذا يضعف التواصل بين الخلايا ووظائفها.

٦. تراكم النواتج الثانوية الضارة

- مع التقدم في العمر، تتراكم مركبات كيميائية ضارة لا يستطيع الجسم التخلص منها بكفاءة.
- تؤثر هذه المركبات على الأنسجة والأعضاء.

الخلاصة

الشيخوخة ليست مجرد عملية زمنية، بل هي نتيجة **تراكم تغيرات كيميائية** تؤثر على الخلايا والأنسجة، مما يؤدي تدريجيًا إلى ضعف الوظائف الحيوية وظهور مظاهر التقدم في العمر.