

Inquinamento atmosferico e salute

Fisiopatologia e prevenzione

Dott.ssa Simona Ferrero

Socio Comitato Torino Respira

Dirigente Medico Medicina 5 A (Dott.Scaglione) –

Ospedale Molinette A.O.U. Città della Salute e della Scienza di Torino



Il grande smog di Londra 1952

Come respiriamo ?

Un soggetto adulto introduce nei polmoni:

- 6-9 L/min di aria **a riposo**
- 60 L/min **durante sforzi moderati**
- 130 L/min **durante sforzi intensi**

Si stima che la superficie degli alveoli polmonari abbia un'area totale di 70-80 m² (circa 1 campo da tennis)



Esposizione ed effetti

L'ESPOSIZIONE cioè il contatto tra gli inquinanti e il corpo umano
e **GLI EFFETTI** sui diversi organi variano a seconda della :

- **concentrazione** nell'aria degli inquinanti
- **tempo trascorso a contatto**
- **caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti**
- **livello di attività fisica della persona e caratteristiche del soggetto** esposto

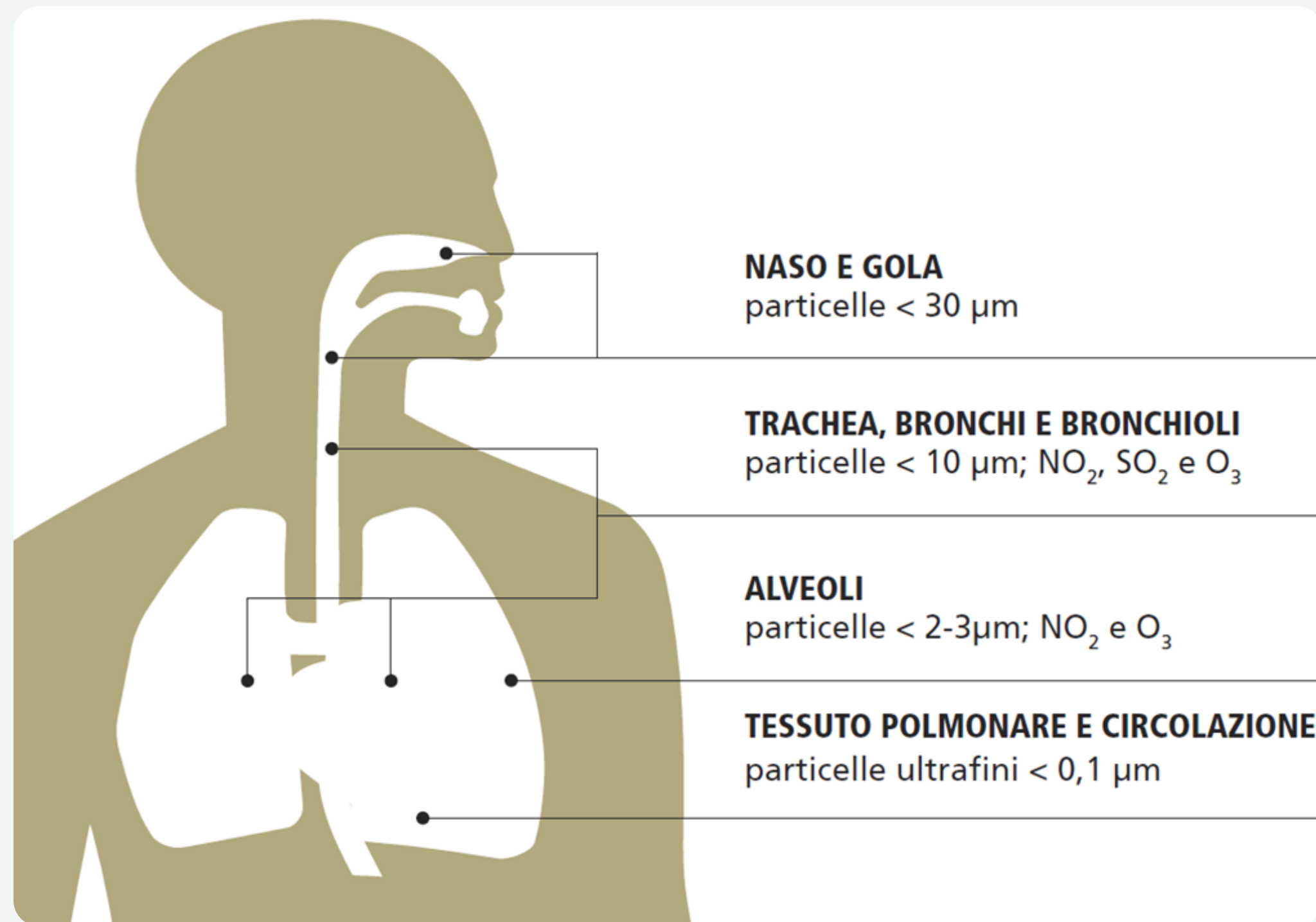
L'effetto inizia già a dosi piccole e aumenta con l'aumentare della dose

PARTICOLATO

- PM 10 μm
 - PM 10-2.5 μm
 - PM 2.5 μm
 - PM 0.1 μm
- } Penetrano più in profondità

SOSTANZE GASSOSE

- Biossido di Zolfo
 - Monossido di Carbonio
 - Biossido di Azoto
 - Ozono
- } Penetrano più in profondità e hanno maggior potere ossidante



Effetti sulla salute

Mortalità per malattie respiratorie

Morbilità per malattie respiratorie

Cancro al polmone

Polmonite

Sintomi all'apparatore respiratorio

Infiammazione vie aeree

Diminuita funzionalità polmonare

Diminuito sviluppo polmonare

Resistenza all'insulina

Diabete di tipo 2

Diabete di tipo 1

Metabolismo osseo

Pressione alta

Disfunzioni dell'endotelio

Aumentata coagulazione del sangue

Infiammazioni sistemiche

Trombosi venosa profonda

Ictus

Sviluppo neurologico

Salute mentale

Malattie

neurodegenerative

Mortalità cardiovascolare

Morbilità cardiovascolare

Infarto

Aritmia

Insufficienza cardiaca congestizia

Cambiamenti nella variabilità del battito

Sottolivellamento ST

Invecchiamento della pelle

Parto prematuro

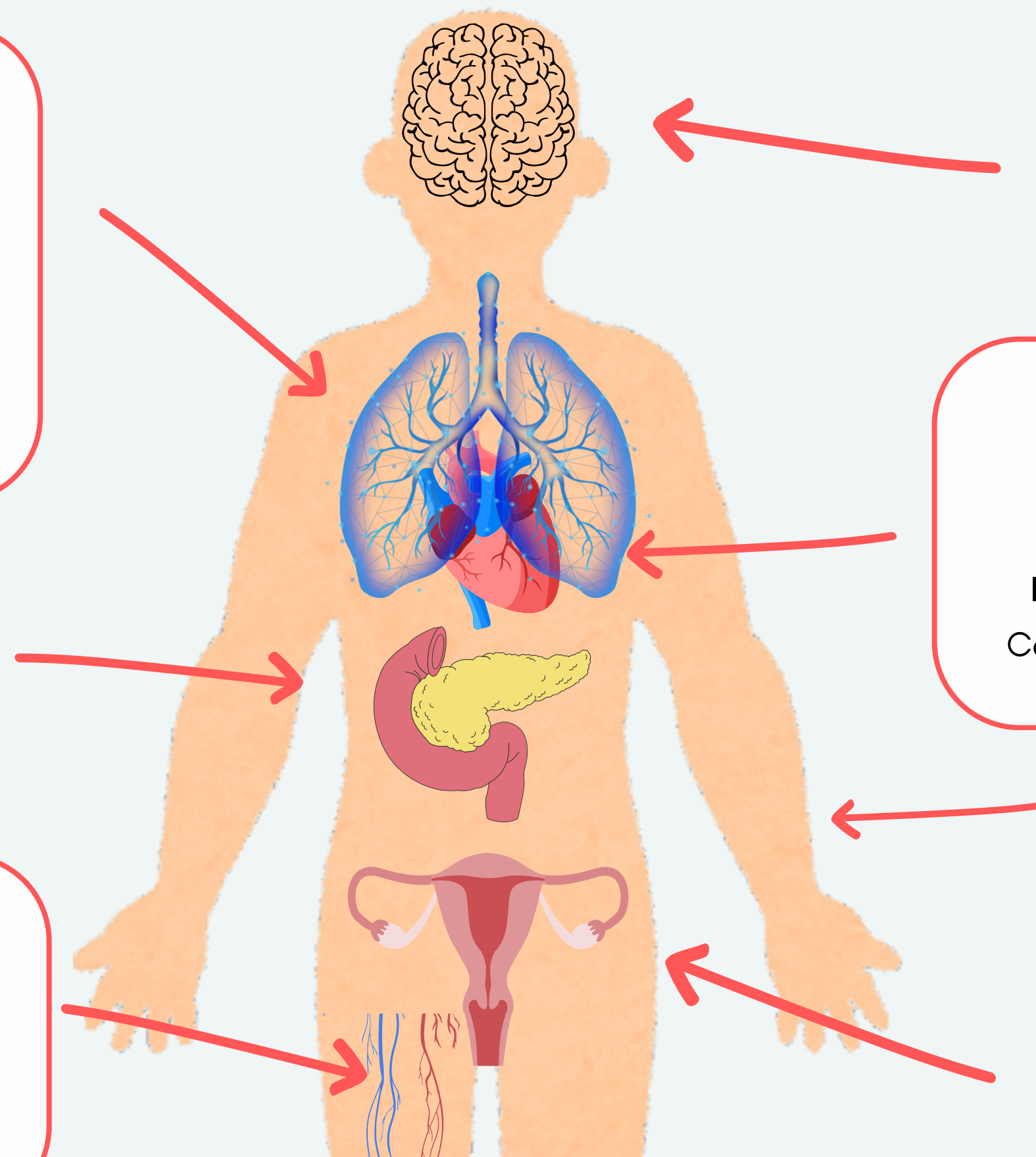
Basso peso alla nascita

Diminuita crescita fetale

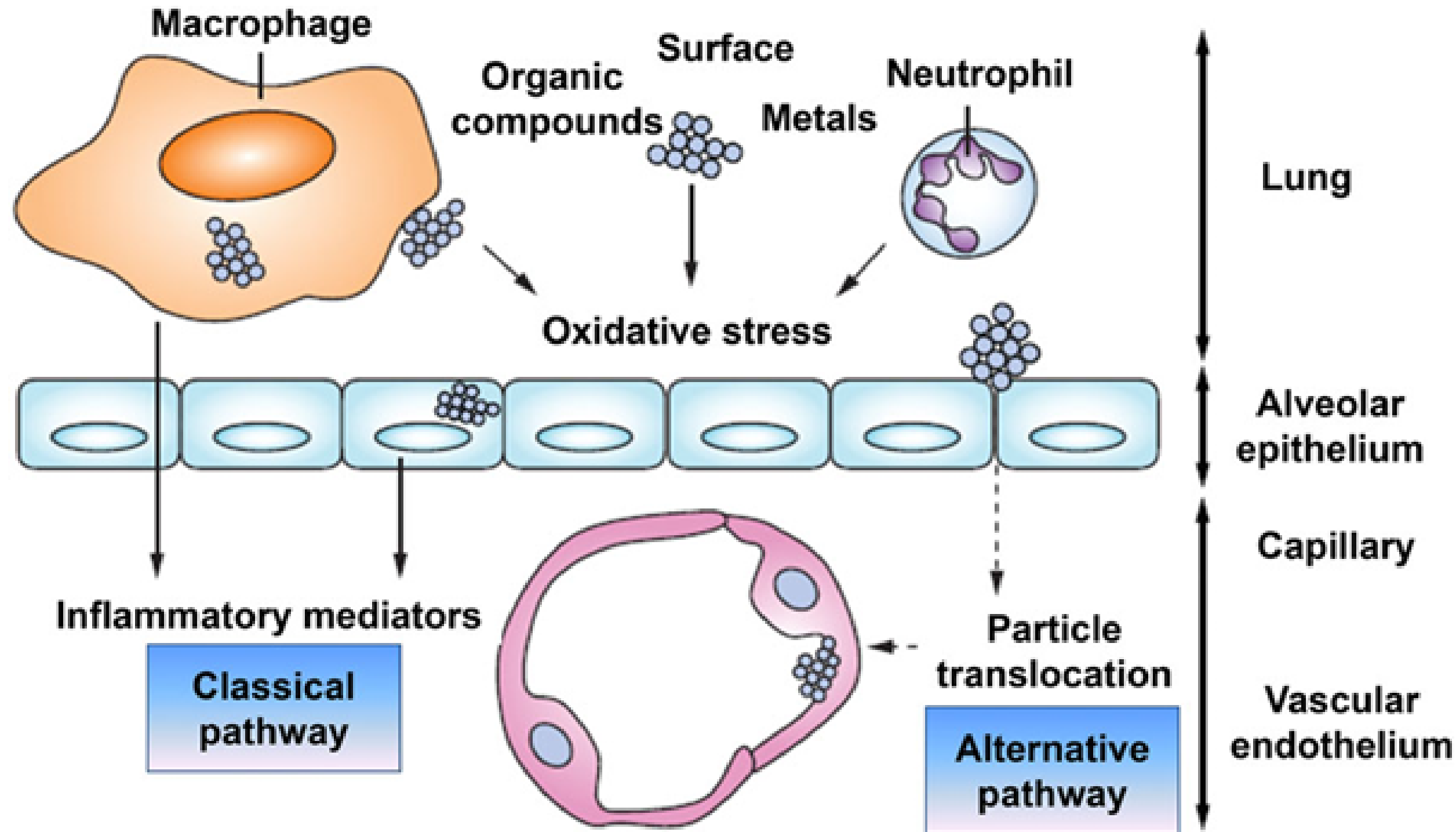
Ritardo crescita

Diminuzione qualità sperma

Preeclampsia

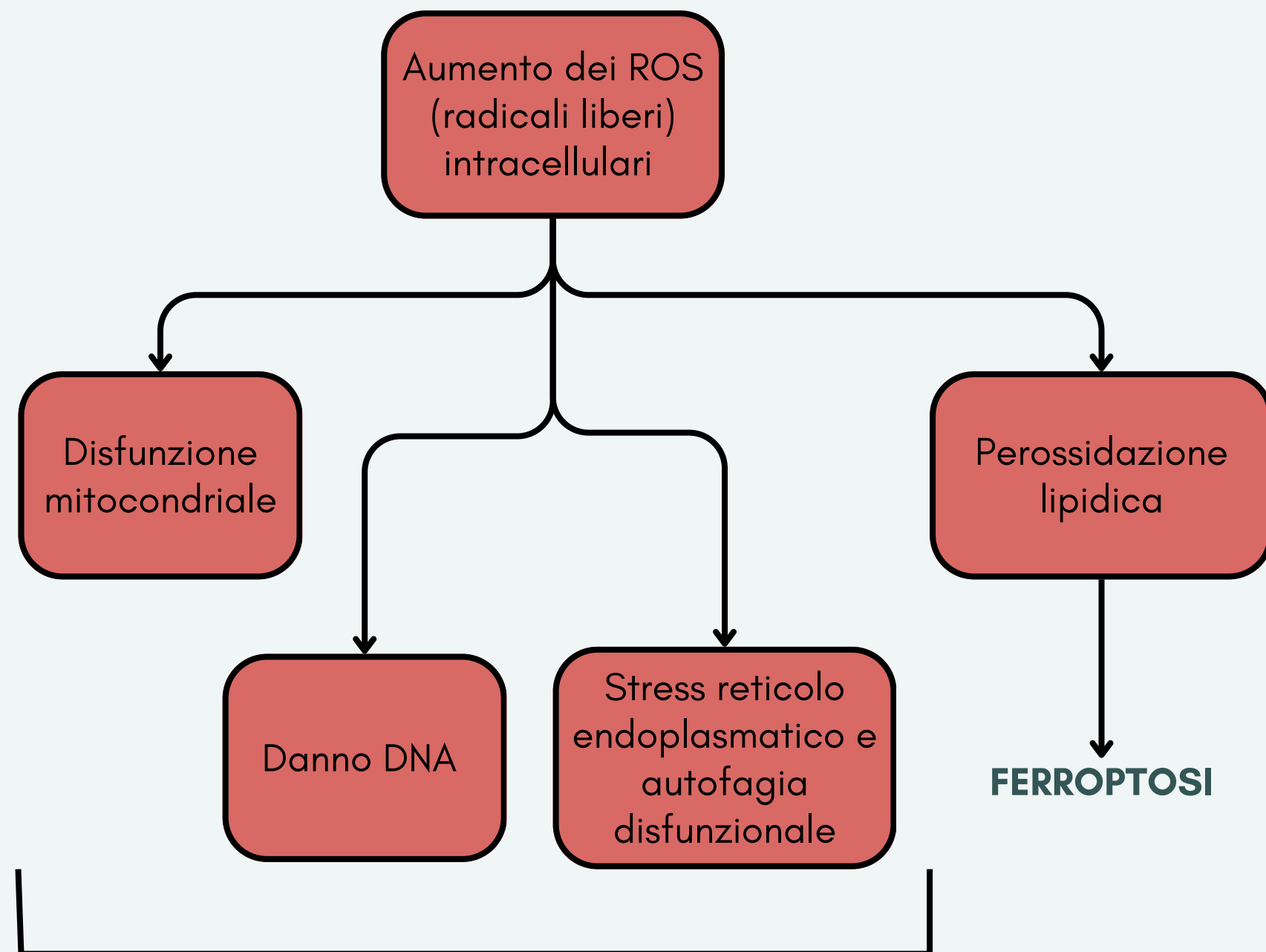


Meccanismi fisiopatologici



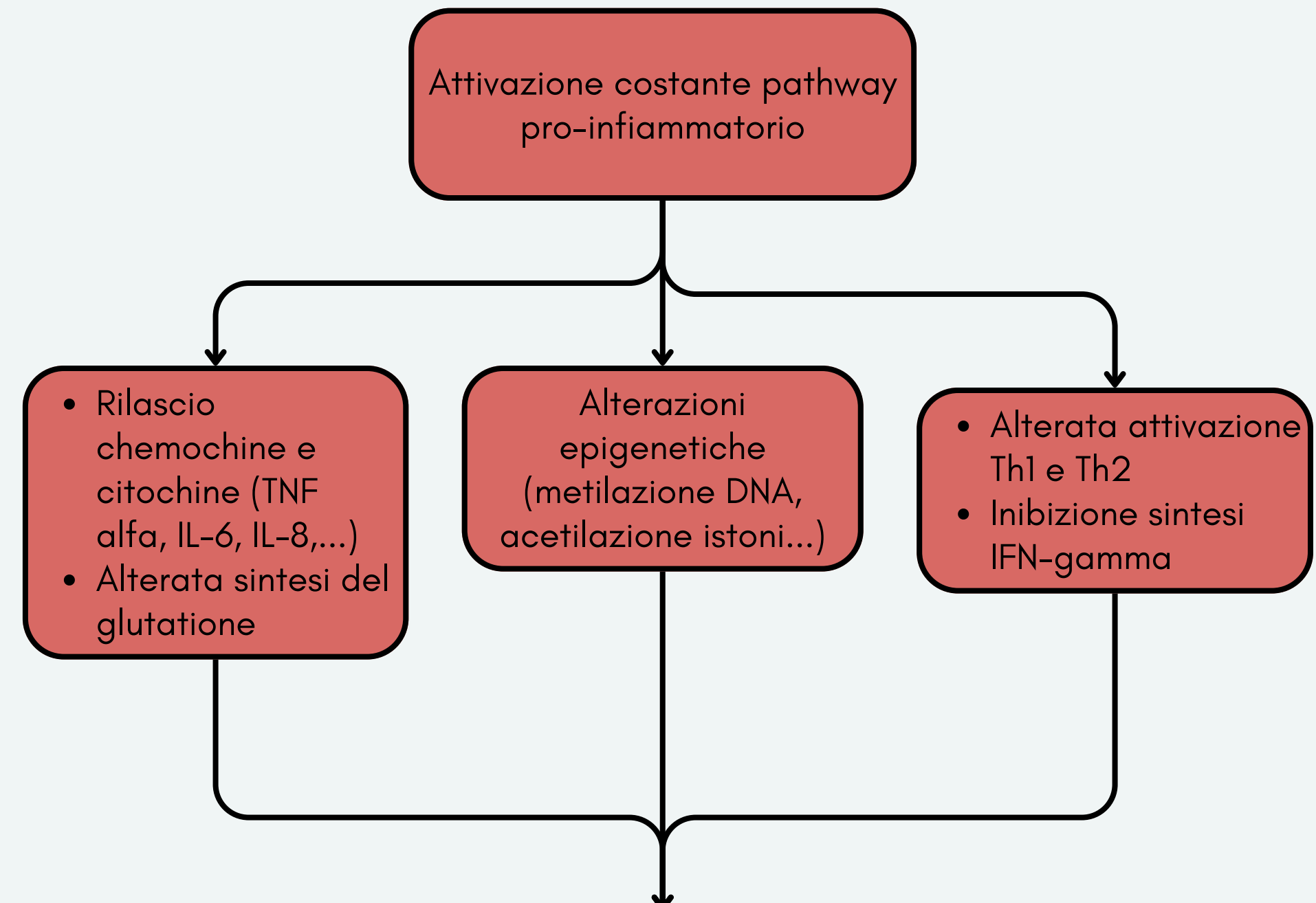
Meccanismi fisiopatologici

STRESS OSSIDATIVO



APOPTOSI

INFIAMMAZIONE e DISFUNZIONE IMMUNITARIA



ALTERATA RISPOSTA IMMUNITARIA A STIMOLI SUCCESSIVI

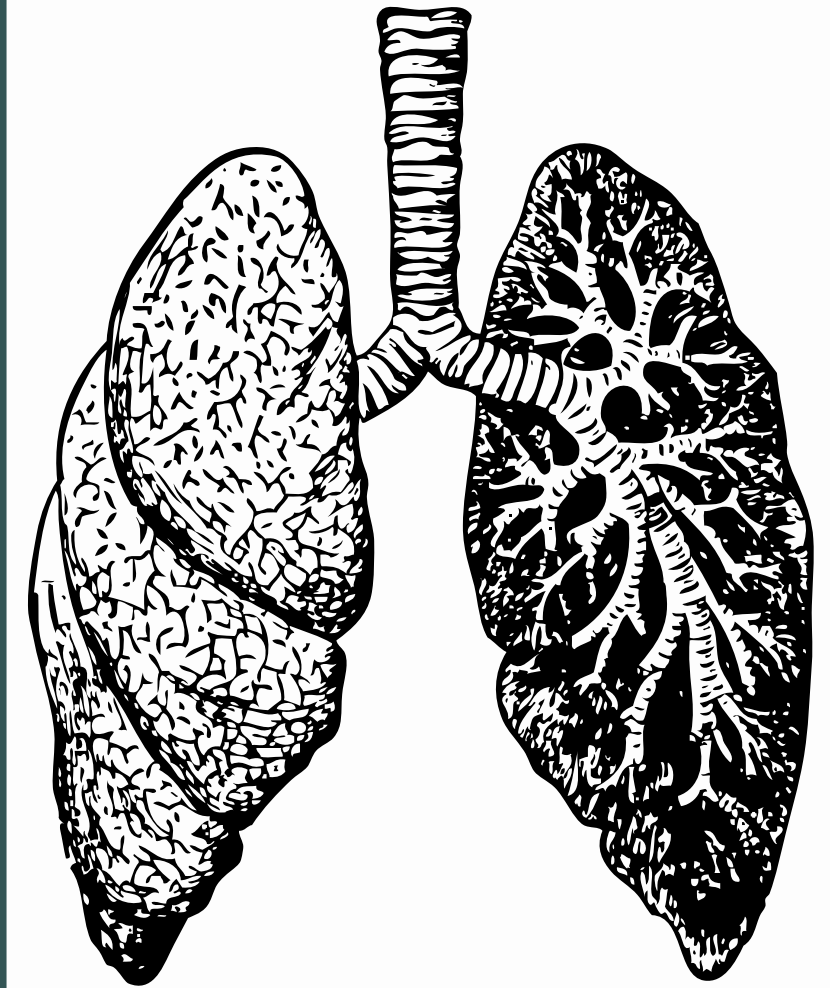
Patologie respiratorie

Infiammazione sistemica
Stress ossidativo
Alterata risposta immunitaria
Modificazioni epigenetiche

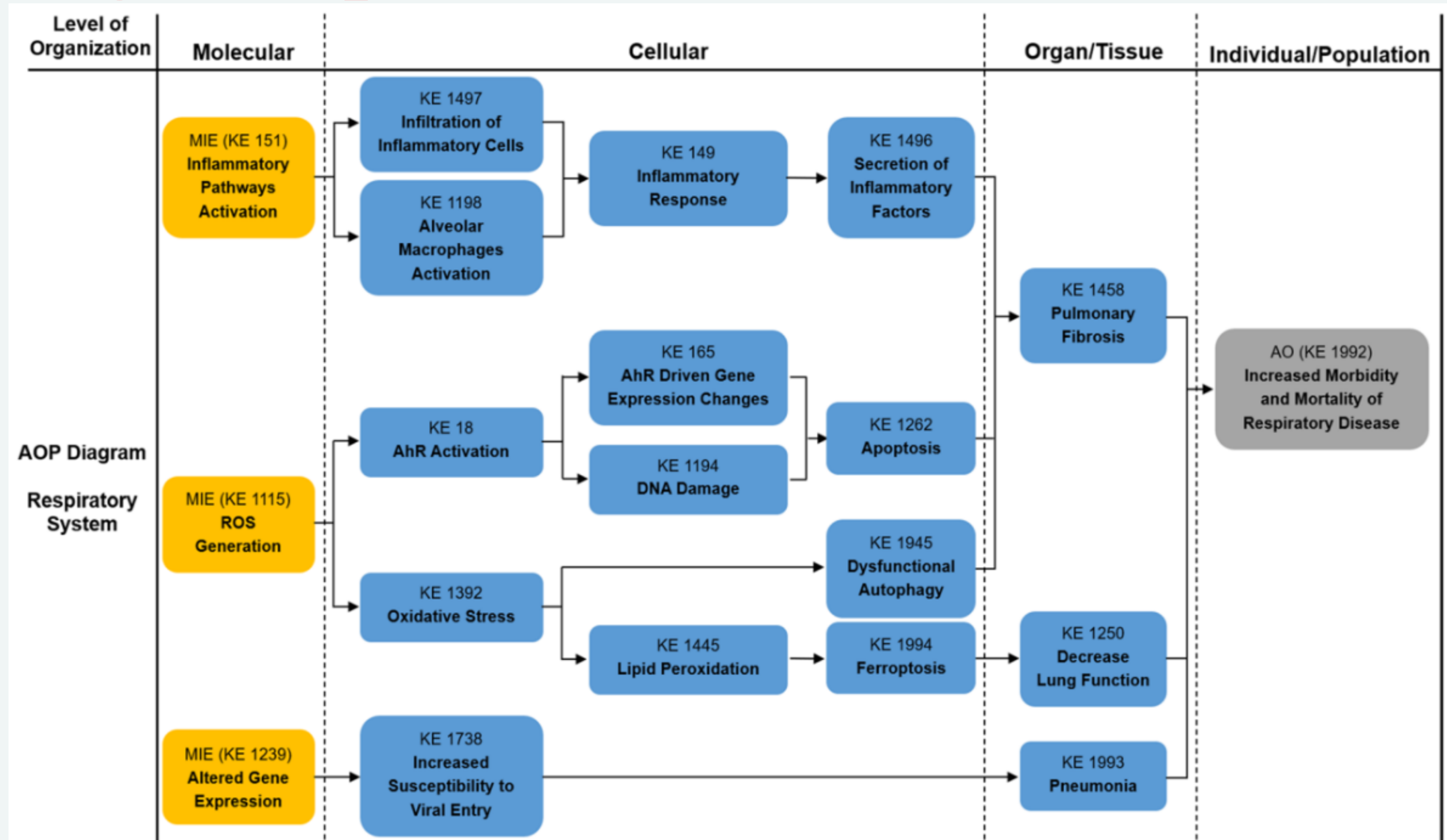


Sviluppo o esacerbazione di patologie polmonari:

- Asma
- BPCO
- Infezioni vie respiratorie
- Fibrosi polmonare
- ARDS
- Tumore del polmone



Patologie respiratorie



Patologie cardiovascolari

Formazione e
Progressione
placca
aterosclerotica

→ Rottura placca

Disfunzione
endoteliale

→ Vasocostrizione

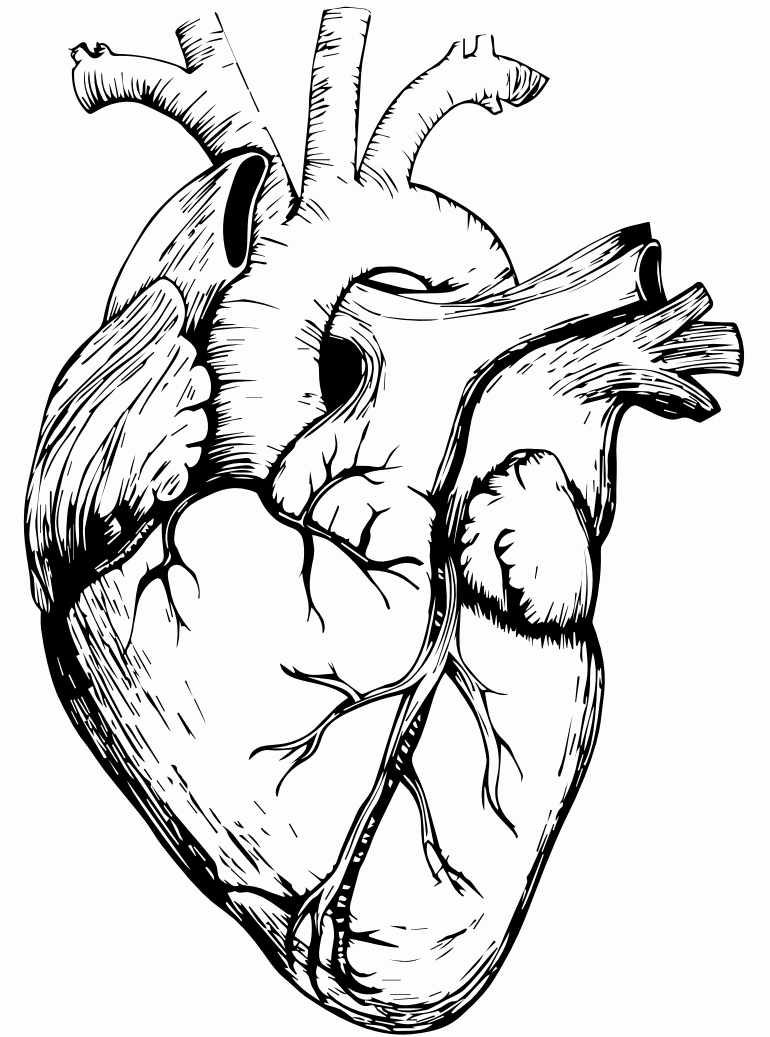
Iperattivazione
piastrinica

→ Trombosi

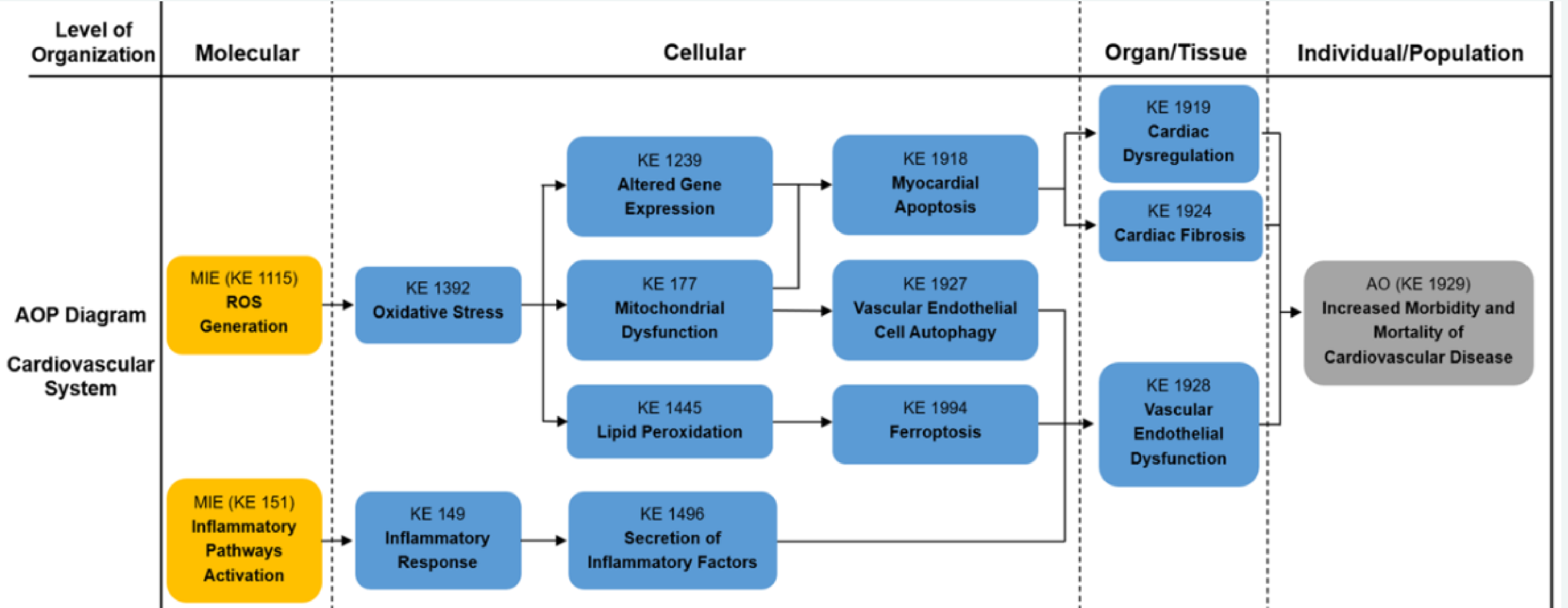
Alterata
fibrinolisi

Sviluppo o esacerbazione di patologie cardiovascolari:

- Aterosclerosi diffusa
- Coronaropatia
- Infarto miocardico
- Scompenso cardiaco
- Trombosi
- Stroke ischemico



Patologie Cardiovascolari

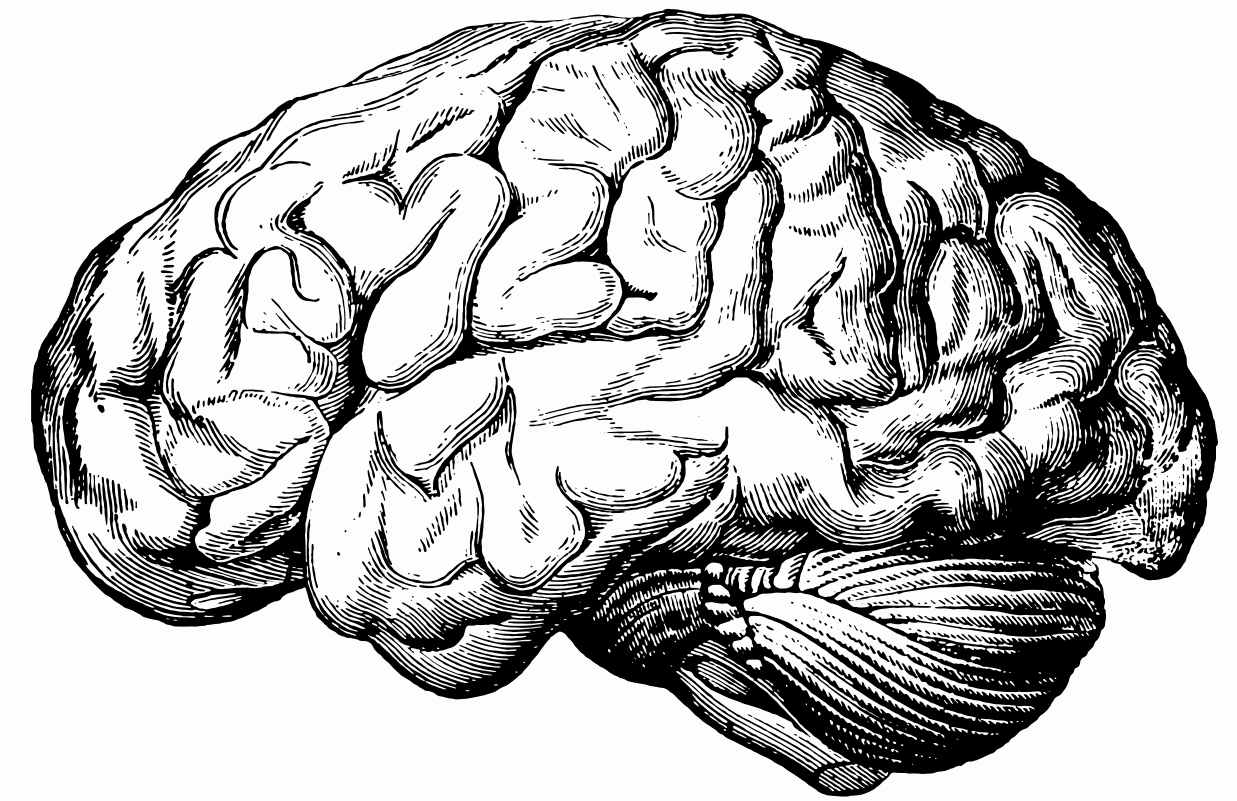


Patologie neurologiche

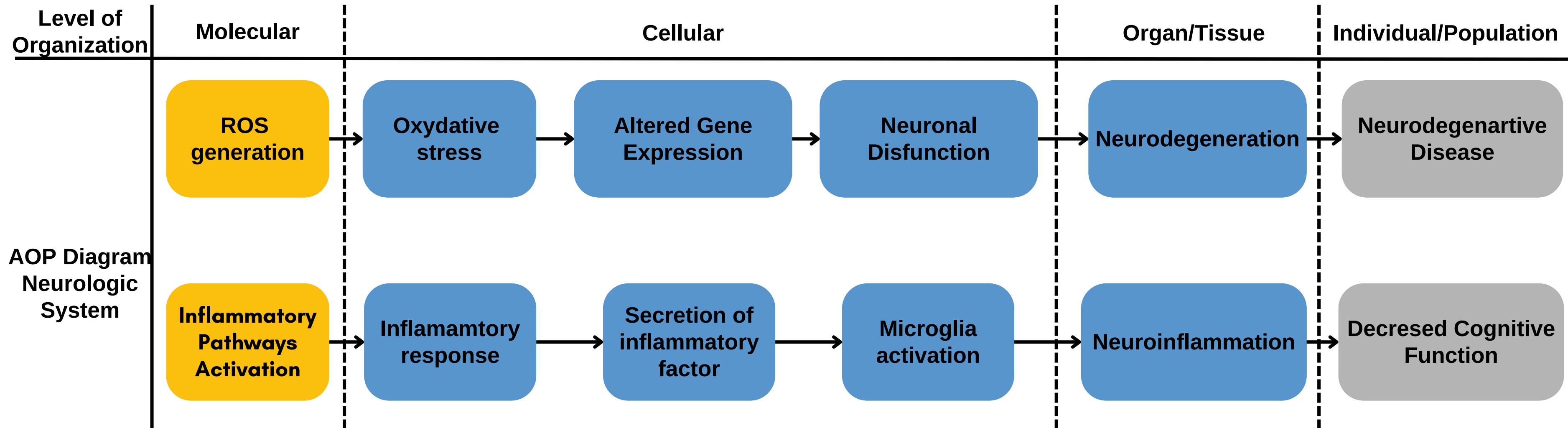
- Patologie neurodegenerative: Alzheimer, Demenza vascolare



- Alterazioni dello sviluppo neurocognitivo



Patologie neurologiche

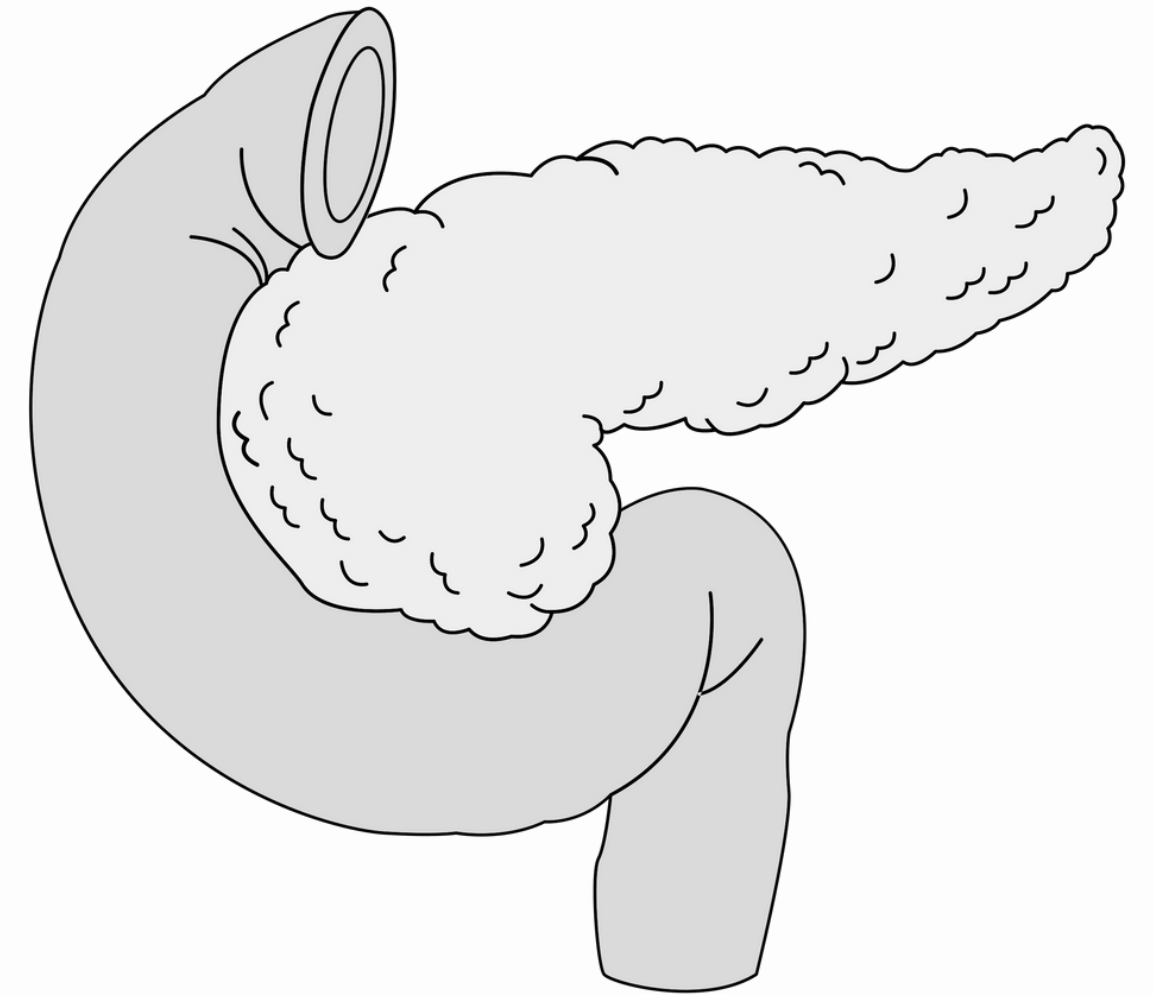


Diabete mellito

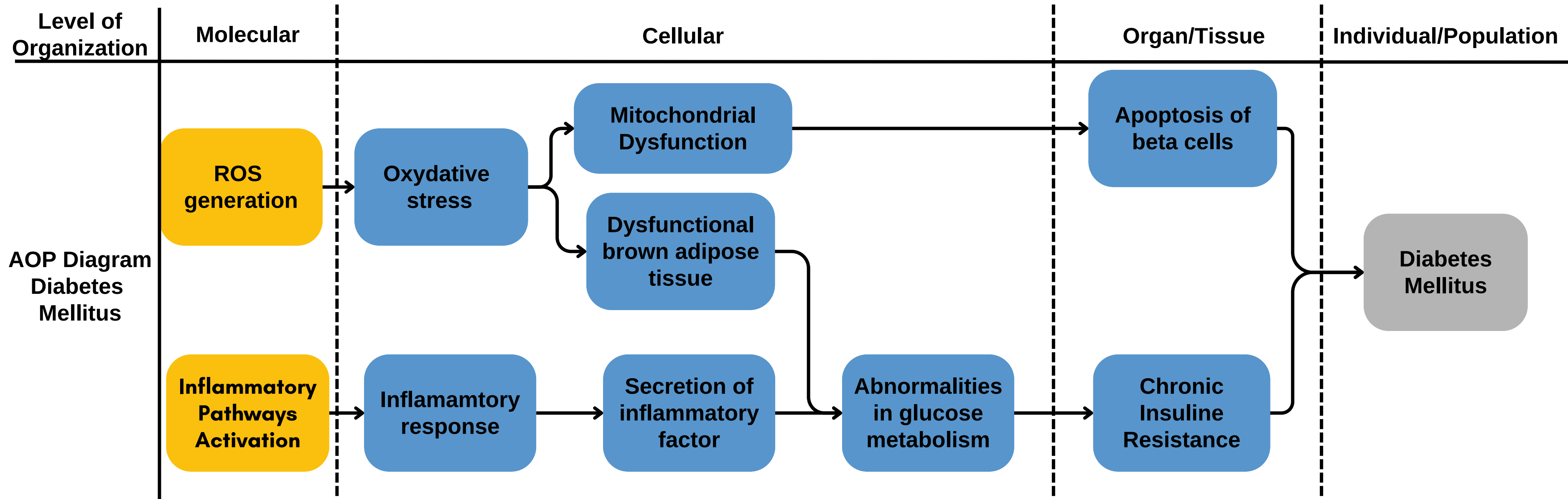
- Nel 2021 si stimavano, nel mondo, circa **529.000 milioni di persone con diabete**
- Le proiezioni indicano che **entro il 2050 oltre 1.3 miliardi** di persone avranno il diabete

Fattori di Rischio Modificabili:

- *elevato indice di massa corporea (BMI)*
- *dieta non salutare*
- *sedentarietà*
- *fumo*
- ***inquinamento ambientale (PM 2.5, PM10, NO2)***



Diabete mellito

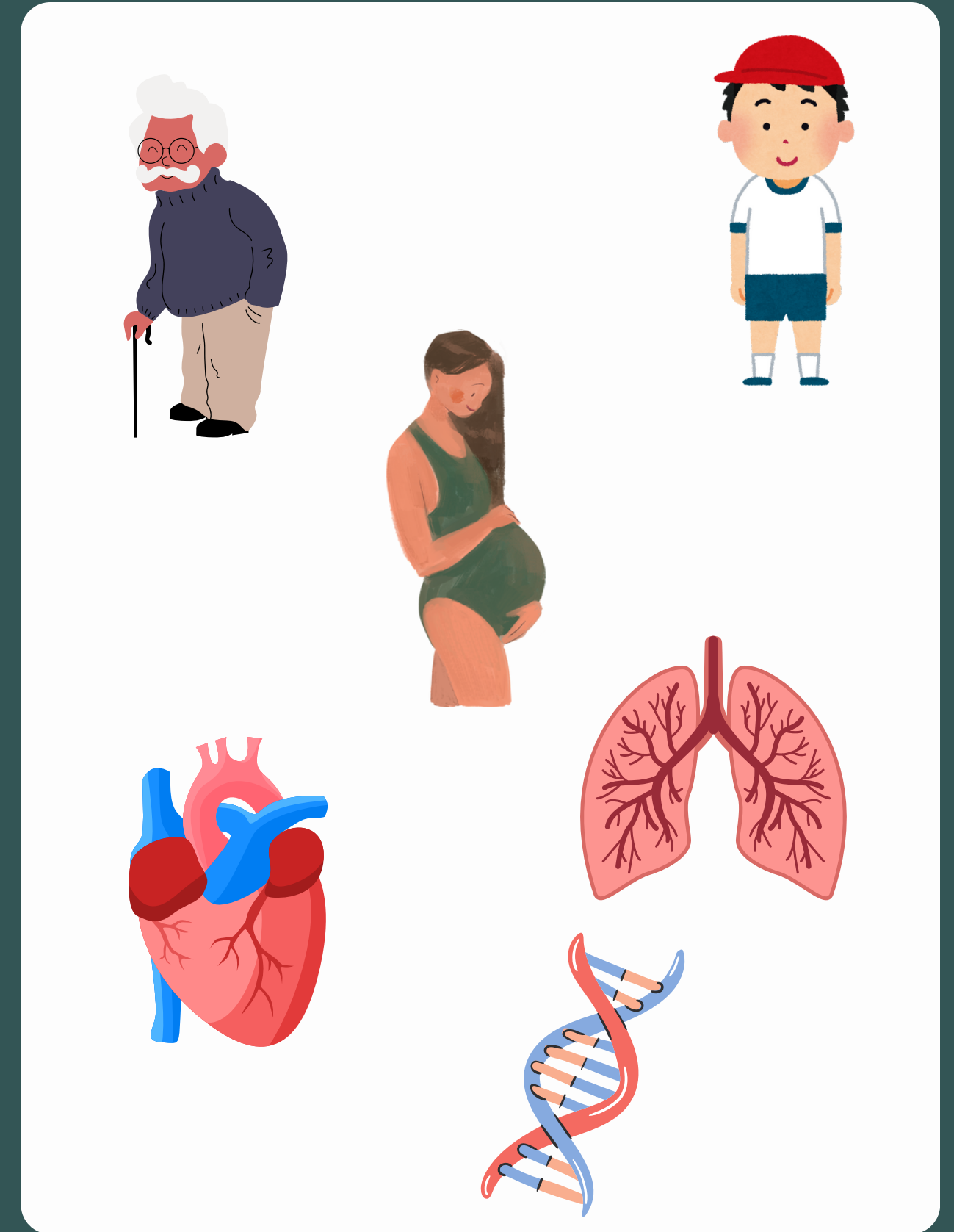


Susceptibilità

Soggetti maggiormente a rischio:

- Anziani e Bambini
- Donne in gravidanza
- BPCO, Asma
- Malattie cardiovascolari
- DM tipo 2, Obesità
- Esposizione lavorativa a sostanze tossiche
- Esposizione ad elevate concentrazioni di inquinanti
- Genetica

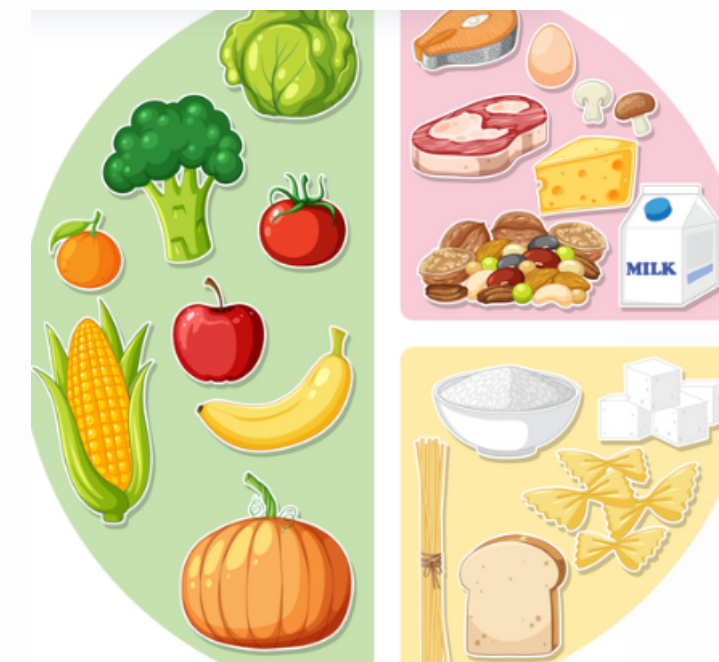
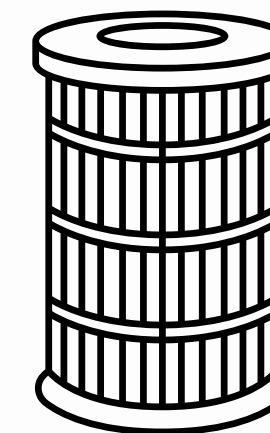
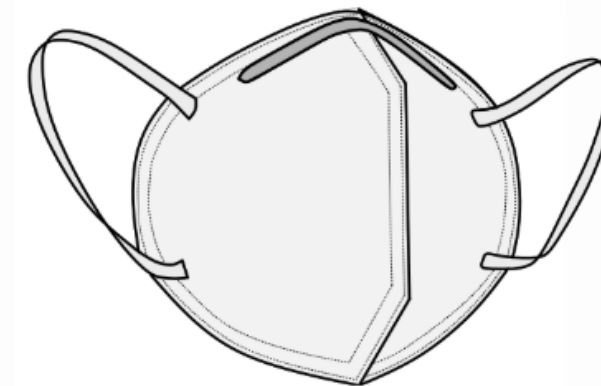
Disuguaglianza sociale



Prevenzione

STRATEGIE INDIVIDUALI

- Utilizzare sistemi di monitoraggio della qualità dell'aria (AQI)
- Evitare attività fisica all'aperto in aree molto trafficate e nei giorni di scarsa qualità dell'aria
- Migliorare la ventilazione domestica
- Utilizzo di filtri HEPA
- Utilizzo di mascherine N95/N99 in situazioni ad alto rischio di esposizione
- Assunzione di integratori antiossidanti
- Dieta mediterranea



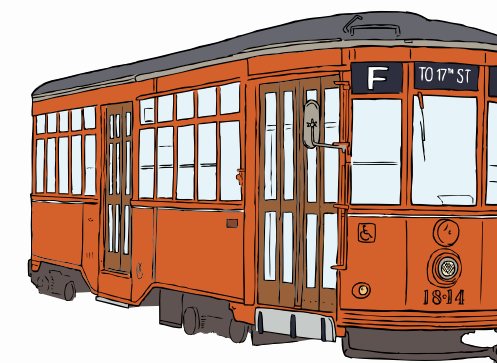
Prevenzione

INTERVENTI DI SANITA' PUBBLICA

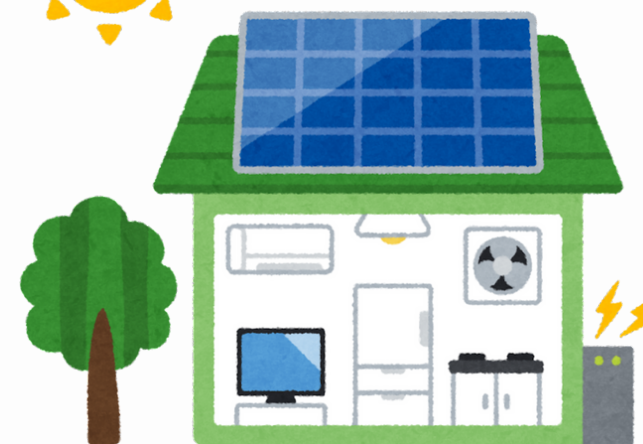
- Politiche di transizione verso energie rinnovabili
- Regolamentazione delle emissioni industriali e dei veicoli
- Miglioramento efficienza dei trasporti pubblici
- Mobilità sostenibile
- Pianificazione urbanistica
- Educazione della popolazione

LIMITI ESPOSIZIONE ad INQUINANTI OMS 2021 :

- $PM_{2.5} < 15 \mu g/m^3$ giornaliero e $< 5 \mu g/m^3$ annuo
- $PM_{10} < 45 \mu g/m^3$ giornaliero e $< 15 \mu g/m^3$ annuo
- Biossido di azoto $< 25 \mu g/m^3$ giornaliero e $< 10 \mu g/m^3$ annuo



Health
is wealth



STUDI DI INTERVENTO

Valutano la capacità di riduzione o rimozione degli effetti nocivi al ridursi delle concentrazioni degli inquinanti.

Gli studi hanno mostrato che **l'abbattimento dell'inquinamento atmosferico può portare ad un miglioramento nella salute della popolazione**

STUDIO FRIEDMAN et al.

- Olimpiadi Atlanta 1996
- Riduzione concentrazione O₃, CO, PM₁₀
- Riduzione eventi asmatici nei bambini

STUDIO HARVARD Six Cities
Ha dimostrato che la riduzione del PM_{2.5} contribuisce ad un significativo aumento dell'aspettativa di vita

STUDIO

- Pandemia COVID-19
- Riduzione del 31% concentrazione PM_{2.5} durante lockdown
- Riduzione mortalità non correlata ad infezione da Sars-CoV2

STUDIO

- Olimpiadi Pechino 2008
- Riduzione concentrazione O₃, PM_{2.5}
- Riduzione eventi asmatici e mortalità cardiovascolare
- Incremento del peso alla nascita

STUDIO

- Washington
- Utilizzo di bus scolastici elettrici
- Miglioramento della funzionalità polmonare nei bambini e diminuzione dei giorni di assenza da scuola

TAKE HOME MESSAGE

- Sono stati documentati numerosi **effetti avversi** sulla salute da parte degli inquinanti atmosferici, molti dei quali sono **dose-dipendenti**
- Questi colpiscono soprattutto le fasce **più deboli della popolazione** (donne gravide, bambini, pazienti affetti da malattie croniche, anziani, ecc..)
- Questi si manifestano a **concentrazioni di inquinanti più bassi degli attuali limiti di legge** e sono modificabili con interventi di riduzione dell'inquinamento
- Importante correlazione tra **inquinamento ambientale e cambiamenti climatici**

Grazie per l'attenzione !



Dott.ssa Simona Ferrero

Socio Comitato Torino Respira

Dirigente Medico Medicina 5 A (Dott.Scaglione) -

Ospedale Molinette A.O.U. Città della Salute e della Scienza di Torino

Bibliografia

- Premature Mortality Due to Air Pollution in European Cities: A Health Impact Assessment The Lancet. Planetary Health, 2021
- Progress and Policies to Achieve the Zero Pollution Action Plan and EU 2024/2881 PM2.5 Targets in Northern Italy Scientific Reports, 2025
- Spatial Variation, Temporal Evolution, and Source Direction Apportionment of PM1, PM2.5, and PM10: 3-Year Assessment in Turin (Po Valley) Environmental Monitoring and Assessment, 2024
- Global burden and Strength of Evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for Global Burden of Disease Study 2021 (GBD 2021 Risk Factors Collaborators. Lancet) www.thelancet.com
- State of global air/2024 A special report on global exposure to air pollution and its health impacts,with a focus on children’s health Stateofglobalair.org
- WHO Ambient (outdoor) air pollution 24 October 2024. <https://www.who.int>
- A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework Eur Resp J 2017;49:1600419 Thurston et al
- Air pollution and cardiovascular disease: a statement for health care professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Review Circulation. 2004 Jun 1;109(21):2655–71. doi: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8. Robert D Brook, Barry Franklin, Wayne Cascio, Yuling Hong, George Howard, Michael Lipsett, Russell Luepker, Murray Mittleman, Jonathan Samet, Sidney C Smith Jr, Ira Tager; Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association
- Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease European Heart Journal (2015) 36,83–93 Newby et al
- Association between Ambient Air Pollution and Diabetes Mellitus in Europe and North America: Systematic review and Meta-Analysis. Review. Ikenna C. Eze et al. Enviromental Health Perspectives. Vol 123. Number 5. May 2015. [htt://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307823](http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307823)
- The 2016 global and national burden of diabetes mellitus attributable to PM2.5 air pollution. The Lancet Planetary Health vol 2 issue 7 E301–E312, July 2018 Bowe B et al.
- Ambient air pollution and diabetes. A systematic review and meta-analysis. Environmental research (Elsevier) vol.180, January 2020 108817 Bo-Yi-Yang et al.
- Environmental research 269 (2025) 120885 Outdoor air pollution exposure and the risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic umbrella review and metaanalysis . Parasin et al <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120885>
- Maternal exposure to air pollutants, PCSK9 levels, fetal growth and gestational age. An Italian cohort. Environment International, 2021 Apr:149:106163 Macchi C, Iodice S, Persico N et al.
- Preterm birth associated with maternal fine particulate matter exposure: A global, regional and national assessment. Environment International, 2017, Vo. 101, p. 173–182 Malley CS, Kuylenstierna JCI, Vallack HW et al.
- Association between exposure to ambient particulate matters and risks of autism spectrum disorder in children: a systematic review and exposure-response meta-analysis. Environ. Res. Lett, 2021, 16 063003 v
- A cross sectional analysis of long-term exposure to ambient air pollution and cognitive development in children age 3–4 years living in 12 low and middle income country. Daniel Bogale Odo et al. Environmental Pollution vol 318 1 february 2023
- Inquinamento atmosferico e salute. Le proposte delle società scientifiche pediatriche e del gruppo di lavoro “Ambiente e i primi 1000 giorni” per migliorare la salute dei bambini e delle famiglie. Documento di consenso (Sett 2021) <https://millegiorni.info>
- Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. Heather L.Brumberg Pediatrics Volume 147, number 6. June 2021:e2021051484. <https://di.org/10.1542/peds.2021-051484>
- Review article. Oxidative stress in air pollution research I.S. Mudway et al. Free Radical Biology and Medicine 151 (2020)2–6 Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.freradbiomed.2020.04.031>
- Air Pollution: Consequences for cellular redox signaling, antioxidant defences and disease. Editorial. Free Radical Biology and Medicine 151 (2020) Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.freradbiomed.2020.04.030>

- Particulate matter air pollution: effects on the respiratory system. Robert B.Hamanaka et al. J Clin Invest. 2025;135 (17):e194321. <https://jci.me/194312/pdf>
- Review. A comprehensive understanding of ambient particulate matter and its components on the adverse health effects based from epidemiological and laboratory evidence. Tianyu Li et al. Particle and Fibre Toxicology 2022. <https://doi.org/10.1186/s12989-022-005507-5>
- Cohen et al Air Pollution and lung cancer:what more do we need to know? THORAX 2003,58:1010-1012
- Air pollution: another cause of lung cancer. Lancet Oncology August 2013. Vol 14, number 9 p788-789 Takashi ed al
- Air pollution: another cause of lung cancer.Takashi Yorifujia Saori Kashimab Cancer Epidemiol Biomarkers Prev (2016) 25 (5): 839-845
- Cancer Mortality Risks from Long-term Exposure to Ambient Fine Particle Free. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2016 May 1;25(5):839-845. Chit Ming Wong; Hilda Tsang; HakKan Lai; G. Neil Thomas Corresponding Author; Kin Bong Lam; King Pan Chan; Qishi Zheng; Jon G. Ayres; Siu Yin Lee; Tai Hing Lam; Thuan QuocThach
- IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths Lyon/Geneva, 17 October 2013
- Outdoor Air Pollution IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 109. 2015
- Association between long-term exposure to air pollution and immune-mediated diseases: a population-based cohort study: RMD Open 2022;8:e002055. Giovanni Adami, Marco Pontalti, Giorgio Cattani, Maurizio Rossini, Ombretta Viapiana, Giovanni Orsolini, Camilla Benini, Eugenia Bertoldo, Elena Fracassi, Davide Gatti, Angelo Fassio
- How air pollution affects our health 20 Aug 2025 European Environment Agency eea.europa.eu
- Air Pollution and Noncommunicable Diseases. A Review by the Forum of International Respiratory Societies’ Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. Part 2: Air Pollution and Organ Systems CHEST 2019;155(2):409-416 part 1 and part 2 CHEST 2019,155 (2):417-426. Dean E Schraufnagela, *, John R Balmes b, Clayton T Cowl c, Sara De Matteis d, Soon-Hee Jung e, Kevin Mortimer f, Rogelio Perez-Padilla g, Mary B Rice h, Horacio Riojas-Rodriguez i, Akshay Sood j, George D Thurston k, Teresa To l, Anessa Vanker m, Donald J Wuebbles
- Air pollution and cardiovascular disease: a statement for health care professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Review Circulation. 2004 Jun 1;109(21):2655-71. doi: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8. Robert D Brook, Barry Franklin, Wayne Cascio, Yuling Hong, George Howard, Michael Lipsett, Russell Luepker, Murray Mittleman, Jonathan Samet, Sidney C Smith Jr, Ira Tager; Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association
- Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson’s disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. Lancet. 2017 Feb 18;389(10070):718-726 Hong Chen 1, Jeffrey C Kwong 2, Ray Copes 3, Karen Tu 4, Paul J Villeneuve 5, Aaron van Donkelaar 6, Perry Hystad 7, Randall V Martin 8, Brian J Murray 9, Barry Jessiman 10, Andrew S Wilton 11, Alexander Kopp 11, Richard T Burnett 10.
- Association between Long-Term Air Pollution, Chronic Traffic Noise, and Resting-State Functional Connectivity in the 1000BRAINS Study. Environ Health Perspect. 2022 Sep 26;130(9):097007. Lina Glaubitz, Johanna Stumme , Sarah Lucht , Susanne Moebus , Sara Schramm , Christiane Jockwitz , Barbara Hoffmann , Svenja Caspers .
- Ambient air pollution and clinical dementia: systematic review and meta-analysis. E. Wilker et al. BMJ 2023; 381:e071620 <http://dx.doi.org/101136/bmj-2022-071620>;
- Environmental risk factors for all-cause dementia and mild cognitive impairment: an umbrella review and meta-analysis. A. Jones at al Environmental research. 1/2025 <http://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121007>
- Joint effect of heat and air pollution on mortality in 620 cities of 36 countries. Enviromnent International vol. 181, nov 2023 108b2058. Massimo Stafoggia a , Paola Michelozzi a , Alexandra Schneider b , Ben Armstrong c , Matteo Scortichi ni a , Masna Rai b , Souzaana Achilleos d , Barrak Alahmad e , Antonis Analitis f , Christofer Åström g , Michelle L. Bell h , Neville Calleja i , Hanne Krage Carlsen j , Gabriel Carrasco k , John Paul Cauchi l , Micheline DSZS Coelho m , Patricia M. Correa n , Magali H. Diaz o , Alireza Entezari p , Bertil Forsberg g ...Francesca K. de’ Donato
- Mediterranean Diet and the Association Between Air Pollution and Cardiovascular Disease Mortality risk. Circulation 2019;139:1766-1775 <https://ahajournals.org/journal/circ>
- Personal-Level Protective Actions Against Particulate Matter Air Pollution Exposure. A Scientific Statement From the American Heart Association. Circulation 2020;142:e411-e431.<https://ahajournals.org/journal/circ>