

Tossicologia e nuove tecnologie: come i database digitali tutelano la salute

La rivoluzione digitale e i database tossicologici stanno trasformando la tutela della salute pubblica e occupazionale. Analisi Inail su tecniche omiche, modelli in silico e intelligenza artificiale per la prevenzione dei rischi.

Roma, 27 Apr ? Negli ultimi tempi la **tossicologia**, che studia le risposte degli organismi agli **xenobiotici** (farmaci, inquinanti, altri fattori ambientali) e le eventuali conseguenze patologiche, sta attraversando "una vera e propria rivoluzione digitale, soprattutto grazie alla disponibilità di enormi volumi di dati provenienti da fonti di diversa natura (espositivi, molecolari, biochimici)". E l'applicazione dei **database tossicologici** di pubblico accesso rappresenta, ormai, uno "strumento indispensabile per catalogare, standardizzare, rendere accessibili e valorizzare pienamente le informazioni generate dall'integrazione tra le tecniche sperimentali omiche" (tecnologie di analisi che consentono la produzione di un numero molto elevato di informazioni per la descrizione e l'interpretazione dei sistemi biologici) e le "metodologie computazionali più avanzate".

A ricordarlo è una recente scheda informativa, un factsheet Inail, prodotto dal Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (Dimeila) e dal titolo: "**I database in tossicologia: fonte informativa di importanza crescente per la tutela della salute pubblica e occupazionale**".

Il documento, curato da P. Capone, C. Grandi, P. Chiarella e R. Sisto, P. Capone, C. Grandi, P. Chiarella, R. Sisto, presenta i database tossicologici più diffusi e utilizzati che contengono informazioni sugli effetti di xenobiotici e farmaci su cellule, tessuti, organi o sull'intero organismo con l'obiettivo di tutelare la salute umana, animale e ambientale.

Nel presentare la scheda informativa Inail ci soffermiamo sui seguenti argomenti:

- Tossicologia: la valutazione della tossicità e le strategie innovative
- Tossicologia: le piattaforme e le nuove tecnologie avanzate
- Tossicologia: l'impatto dei database sulla salute pubblica e occupazionale

Pubblicità

Tossicologia: la valutazione della tossicità e le strategie innovative

La scheda ricorda, riguardo alla **tossicologia**, che tradizionalmente la **valutazione della tossicità** si è basata su "studi su organismi viventi e colture cellulari, metodi efficaci ma limitati da complessità biologiche, costi elevati, tempi lunghi e

dall'esigenza di ridurre la sperimentazione animale". Oggi questi approcci sono "affiancati da **strategie innovative in vivo, in vitro e soprattutto in silico**" (cioè simulazioni e analisi realizzate tramite strumenti computazionali), che "sfruttano modelli computazionali avanzati e tecnologie ad alta processività per ottenere dati tossicologici più rapidi, predittivi e sostenibili":

- gli **studi in vivo** "permettono di valutare gli effetti sistemici delle sostanze su organismi animali o modelli complessi generando dati fenotipici, istopatologici e omici, raccolti in database come il *Chemical Effects in Biological Systems* (CEBS) e il *Toxicogenomics Project-Genomics Assisted Toxicity Evaluation system* (Open TG?GATEs)";
- le **metodiche in vitro**, "basate su cellule, tessuti e organoidi per investigare meccanismi molecolari alla base di citotossicità, genotossicità o stress ossidativo, producono dati ad alta processività disponibili in appositi database quali PubChem e Open TG?GATEs";
- gli **approcci in silico** "utilizzano modelli matematici e bioinformatici per prevedere la tossicità a partire da strutture chimiche e reti biologiche, generando informazioni su pathway meccanicistici e simulazioni cinetiche avvalendosi di risorse come il *Comparative Toxicogenomics Database* (CTD) e la *Gene Ontology* (GO)".

Si segnala che la trasformazione digitale, sostenuta da database bioinformatici e tecnologie omiche, "ha reso la tossicologia una disciplina sistemica e predittiva, integrando volumi di dati chimici, biologici e clinici, che migliorano interoperabilità e condivisione, oltre a ridurre l'uso della sperimentazione animale". E le **tecniche omiche**, come genomica, trascrittomica, metabolomica, epigenomica "forniscono informazioni dettagliate sulle risposte cellulari e molecolari agli agenti tossici, individuando alterazioni precoci e multilivello, integrandosi con i database tossicologici, infrastrutture digitali essenziali per raccogliere, standardizzare e rendere accessibili questi dati".

Tossicologia: le piattaforme e le nuove tecnologie avanzate

Si indica poi che tra le **principali piattaforme tossicologiche** figurano CTD, CEBS e GO, che "aggregano informazioni omiche e fenotipiche e supportano analisi meccanicistiche e predittive. E l'uso combinato di diverse tipologie di "dati biomedici, come parametri clinici (es. parametri vitali, biomarcatori), informazioni sui livelli di esposizione ambientale o occupazionale, dati epidemiologici riguardanti popolazioni (come l'incidenza di malattie) e dati omici relativi alle risposte geniche, proteiche e metaboliche, consente una valutazione del rischio molto più accurata per popolazione generale e lavoratori esposti, anche attraverso biomarcatori di esposizione, suscettibilità ed effetto precoce, come microRNA e polimorfismi genetici".

E proprio in contesti occupazionali, dove spesso sono presenti esposizioni miste, "i database integrano dati espositivi e biologici per rilevare **alterazioni precoci** e orientare la prevenzione".

Si segnala poi che, chiaramente, per poter valorizzare appieno questi patrimoni informativi "servono **tecnologie avanzate** come intelligenza artificiale (IA) e machine learning (ML): la prima per gestire l'eterogeneità dei dati e il secondo per analizzare dataset standardizzati". E le vari autorità regolatorie ? "in particolare nell'Unione Europea attraverso il regolamento REACH (Reg. CE 1907/2006) e l'Agenzia europea per le sostanze chimiche (ECHA), negli Stati Uniti l'Agenzia per la protezione dell'ambiente (EPA)" ? tendono a incoraggiare l'uso di "modelli in silico basati su database aperti, in linea con i **principi delle 3R** (Replacement, Reduction, Refinement)".

Si è arrivati poi, per la necessità di integrare fonti informative eterogenee, allo sviluppo degli "**Integrated Approaches to Testing and Assessment** (IATA). Questi approcci combinano proprietà chimico?fisiche, dati espositivi e informazioni cliniche, con risultati in vitro, in vivo e in silico, migliorando la decisione regolatoria in modo più rapido, efficiente ed etico".

Tossicologia: l'impatto dei database sulla salute pubblica e occupazionale

Il documento riporta poi, anche attraverso una tabella, i database tossicologici più diffusi e utilizzati e si sofferma anche sull'impatto dei database in tossicologia.

A proposito di questo impatto si ribadisce che il rapido sviluppo nel campo della tossicogenomica e delle tecnologie computazionali ha portato a "**enormi volumi di dati biomedici** derivanti da parametri clinici, esposizioni, misurazioni biologiche, studi epidemiologici e profili molecolari, rendendo indispensabile l'allestimento di appositi database che hanno trasformato le modalità di valutazione degli effetti tossici delle sostanze potenzialmente dannose per la salute umana e per l'ambiente".

E, parallelamente, anche la salute e la sicurezza dei lavoratori "stanno vivendo un rapido cambio di paradigma: ambienti di lavoro più complessi, influenzati dal cambiamento climatico e da esposizioni multiple, richiedono approcci integrati". Si indica che "discipline prima separate convergono in modelli come one health e total worker health, mentre le analisi tradizionali lasciano spazio a metodiche omiche, al concetto di **esposoma**" (si può intendere come l'insieme dei fattori ambientali e degli agenti patogeni a cui ciascun individuo si trova esposto nel corso della sua vita) "e all'uso di big data e intelligenza artificiale".

Questo processo indubbiamente coinvolge competenze diverse, multidisciplinari, "dall'ingegneria alla sociologia, fino alle tecnologie avanzate".

In definitiva i **database** hanno consentito di "digitalizzare e integrare un'enorme quantità di dati eterogenei, rendendo possibile una **modellazione predittiva più mirata** e contribuendo a ridurre l'uso di test animali. Hanno inoltre migliorato la prevenzione in ambito occupazionale e ambientale grazie a strumenti decisionali basati su evidenze e potenziato la ricerca, garantendo maggiore interoperabilità, trasparenza e accesso ai dati". Inoltre la raccolta attraverso "l'integrazione di tecnologie multi-omiche di informazioni strutturate e funzionali in appositi database riguardanti le complesse relazioni tra geni, metaboliti e proteine ha consentito di ampliare le conoscenze sugli *adverse outcome pathway* (AOP) nei sistemi biologici".

Inoltre si sottolinea che l'obiettivo primario dei **database pubblici** è quello di "favorire l'accesso, la condivisione, la diffusione e la trasparenza di informazioni dettagliate, facilitando lo scambio tra ricercatori, professionisti del settore sanitario e cittadini, al fine di trasferire l'innovazione dei risultati in termini di tutela della salute pubblica e occupazionale". E in tale ottica è fondamentale "sviluppare interfacce user friendly per agevolare la consultazione e l'interpretazione dei dati da parte degli utenti".

Il ruolo dei database ? continua il factsheet - non si limita all'archiviazione e alla catalogazione dei dati ma deve "**supportare i ricercatori e i professionisti del settore** nella individuazione di alterazioni molecolari precoci attraverso specifici biomarcatori innovativi, quali i microRNA, e di suscettibilità individuale, quali i polimorfismi genetici. In tal modo è possibile inquadrare e quantificare più efficacemente effetti sub-clinici, soprattutto nel contesto delle esposizioni occupazionali multiple, in particolare ad agenti chimici e fisici, consentendo un intervento tempestivo ed evitando la successiva evoluzione verso manifestazioni di tipo clinico". E sono anche possibili "sostanziali miglioramenti nella previsione e nella prevenzione di potenziali effetti a lungo termine e nell'individuazione degli individui (lavoratori e non) maggiormente vulnerabili all'azione, singola o combinata" e degli agenti lesivi e tossici.

Nelle conclusioni si indica che l'**approccio sinergico tra database, tecniche omiche e computazione avanzata** nella tossicologia contemporanea "è ormai consolidato. È il solo che, consentendo di avviare a soluzione le problematiche legate a

standardizzazione, eterogeneità, qualità e interoperabilità dei dati, rende possibile, facendo ampio ricorso anche alla predittività, gestire e superare molte delle attuali criticità nell'ambito della **salute pubblica e occupazionale**".

Rimandiamo alla lettura integrale del documento che presenta anche tabelle sui database e immagini grafiche per rappresentare il cambiamento di paradigma concettuale e metodologico

nella tossicologia ambientale e occupazionale.

Tiziano Menduto

Scarica il documento da cui è tratto l'articolo:

Inail, Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, "[I database in tossicologia: fonte informativa di importanza crescente per la tutela della salute pubblica e occupazionale](#)", a cura di P. Capone, C. Grandi, P. Chiarella e R. Sisto, P. Capone, C. Grandi, P. Chiarella, R. Sisto, Factsheet edizione 2026 (formato PDF, 218 kB).

Vai all'area riservata agli abbonati dedicata a "[Tutela della salute pubblica e occupazionale: i database in tossicologia](#)".



Licenza [Creative Commons](#)

www.puntosicuro.it