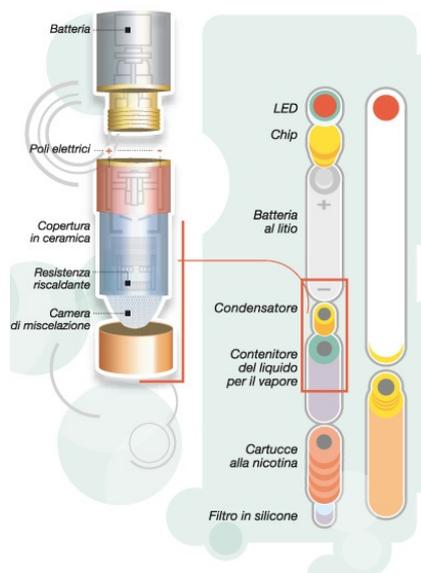


Sigaretta elettronica: aspetti tossicologici

A cura di Luisella Gilardi, DoRS

Come funziona?

La sigaretta elettronica e le varie parti che la compongono sono rappresentate nella figura sottostante. Quando il fumatore aspira attraverso la sigaretta elettronica il passaggio d'aria aziona un sensore collegato ad un condensatore alimentato a batteria. La resistenza, riscaldata dalla batteria determina un innalzamento della temperatura in grado di far sì che il glicole propilenico (gp), presente nella cartuccia, passi dalla fase liquida a quella gassosa (temperatura di ebollizione 188,2 °C). Sia la nicotina che il glicerolo restano in fase liquida ma danno origine ad un aerosol grazie all'azione del gp che agisce come carrier. La temperatura di ebollizione della nicotina è di 247 °C, quella del glicerolo di 290 °C. I modelli più recenti dispongono del cartomizzatore che è un unico elemento che svolge le funzioni dell'atomizzatore e della cartuccia. E' un cilindro contenente un tessuto di materiale assorbente e una resistenza. La spugnetta svolge la funzione di trattenere il liquido e la resistenza lo scalda vaporizzandolo.



Quali sono le sostanze normalmente presenti nella sigaretta elettronica?

Le sostanze, più rilevanti dal punto di vista tossicologico, normalmente contenute nella miscela che alimenta la sigaretta elettronica sono: la nicotina e il glicole propilenico (gp). Possono essere presenti anche altre sostanze quali per esempio il glicerolo e sostanze aromatizzanti, la cui tossicità, per il momento non è messa in discussione.

Dal sito repubblica.it

Che cosa si sa riguardo la tossicità delle sostanze presenti nei liquidi delle sigarette elettroniche ?

Le sostanze che destano maggiore preoccupazione dal punto di vista tossicologico sono: la nicotina e il glicole propilenico.

La tossicità della nicotina è nota. La dose letale 50 nel ratto è pari a 50 - 60mg/kg¹. E' in grado di legarsi ad una sottoclasse di recettori colinergici, i recettori nicotinici localizzati nei gangli, nelle

¹ Per dose letale 50 si intende quella dose in grado di far morire la metà degli animali da esperimento trattati.

giunzioni neuromuscolari ed anche a livello del sistema nervoso centrale ove risiedono le proprietà psicoattive e di dipendenza. Il fumo e le dosi “farmacologiche di nicotina” accelerano il battito cardiaco, aumentano la pressione sanguigna e determinano la vasocostrizione a livello cutaneo. La nicotina determina anche una sensazione di “rilassamento”.

Questi effetti sono correlati al legame della nicotina con i recettori nicotinici del sistema nervoso centrale. La nicotina determina un sovraccarico di lavoro per il cuore dovuto all’accelerazione del battito cardiaco ed al rialzo della pressione, fattori che sembrano aver un ruolo nell’insorgenza dell’ischemia del miocardio (Casarett & Doulls, 1993).

Il glicole propilenico è una sostanza utilizzata come additivo per alimenti, prodotti farmaceutici e in cosmetica. E’ stato testato, nel corso degli anni, per questi usi specifici. Sono pochi, invece, gli studi che ne valutano l’esposizione per via inalatoria. Due di questi hanno esaminato l’esposizione dei lavoratori. Nel primo sono stati considerati gli effetti acuti su lavoratori del comparto aviazione che, periodicamente, durante le esercitazioni, sono esposti ai fumi generati da gp.

In questo caso 27 lavoratori, non asmatici, sono stati esposti, per un minuto, nel corso di una simulazione di volo, a gp. La concentrazione media della sostanza aerodispersa era di 309 mg/m³ (il range variava da 176 a 851 mg/m³).

Gli effetti sulla salute, misurati con test validati e riproducibili, sono stati valutati 15 minuti dopo l’esposizione. Si è rilevata un’irritazione oculare con conseguente diminuzione della stabilità del film lacrimale, oltre all’irritazione delle vie aeree superiori (Wieslander et al, 2001).



Oltre agli effetti acuti, sono stati esaminati anche quelli a lungo termine. I lavoratori dello spettacolo, chi lavora nei set cinematografici, televisivi e nell’allestimento di concerti dal vivo è spesso esposto ai fumi di gp usato per creare il fumo artificiale.

Lo studio di Varughese del 2005 ha valutato gli effetti sulla salute del gp su 111 lavoratori. E’ stata calcolata l’esposizione cumulativa per 2 anni e i risultati confrontati con una popolazione di controllo (non esposta).

Si è rilevata la presenza di tosse cronica e senso di oppressione al torace in relazione all’incremento dell’esposizione cumulativa alla nebbia generata sia da glicole propilenico sia da oli minerali nel corso dei precedenti 2 anni, tosse e secchezza della gola sono risultate associate all’esposizione acuta a nebbie generate da glicole propilenico. Infine le funzioni polmonari misurate come rapporto FEV1/FVC² sono più basse tra chi lavora più vicino alle fonte della nebbia.

Quali sono le quantità di nicotina presenti nelle sigarette elettroniche?

La quantità di nicotina presente nelle cartucce della sigaretta elettronica varia secondo la tipologia.

In un recente studio (Goniewicz et al, 2013(a)) è stata misurata la quantità di nicotina in 20 cartucce e 15 miscele per la ricarica. Per questo studio sono state selezionate le marche più popolari nel mercato europeo, polacco e americano.

I test eseguiti sulle 20 cartucce mostrano che 9 su 20 differiscono per più del 20% rispetto ai valori di nicotina dichiarati dalla casa produttrice. La nicotina è stata analizzata anche nell’aerosol

² FEV1: rappresenta il volume di espirazione massima al primo secondo

FVC: rappresenta il massimo volume di aria mobilizzabile con una profonda inspirazione seguita da una espirazione forzata.

generato dalla sigaretta elettronica durante il suo utilizzo. La maggior parte di quelle analizzate rilasciano nicotina durante i primi 150-180 “puff”. In media circa il 50-60% della nicotina contenuta nella cartuccia è vaporizzata. La resa, in termini di nicotina rilasciata durante l’uso è molto variabile e dipende dalle caratteristiche della sigaretta. In alcune, dopo 300 “puff” che corrispondono alla vita media di una normale cartuccia, l’80% della nicotina è rilasciata, in altri casi, il quantitativo di nicotina scende al 30%. I dati di questo studio mostrano come sia estremamente variabile il contenuto di nicotina sia nelle cartucce sia nella fase vapore durante il suo utilizzo.

E' possibile che i non fumatori siano esposti a fumo passivo?

Un altro aspetto da considerare è il fumo passivo, ovvero la possibilità che i non fumatori possano essere esposti ai livelli di nicotina simili a quelli dei non fumatori esposti a fumo di sigaretta tradizionale.

Un recente studio (Flouris et al, 2013) ha valutato il livello di cotinina, che è un metabolita della nicotina, nel siero sanguigno in 4 gruppi di persone:

- a) 15 fumatori di sigaretta tradizionale
- b) 15 fumatori di sigaretta elettronica
- c) 15 non fumatori esposti a fumo di sigaretta tradizionale
- d) 15 non fumatori esposti a fumo di sigaretta elettronica

Entrambe le tipologie di sigarette avevano lo stesso livello di nicotina.

I risultati mostrano che le sigarette tradizionali e quelle elettroniche generano uguali livelli di cotinina nel sangue sia nei fumatori sia nei non fumatori (fumo passivo).

Non si osserva alcuna riduzione della funzionalità respiratoria nei fumatori di sigaretta elettronica e nei non fumatori esposti a fumo passivo (misurata come rapporto tra FEV1/FVC).

Si osserva, invece, una ridotta funzionalità respiratoria nei fumatori di sigaretta tradizionale e nessuna riduzione significativa nei non fumatori esposti a fumo passivo.

Questi risultati confermano uno studio precedente (Etter & Bullen, 2011) in cui è stata analizzata la concentrazione di cotinina nella saliva di 30 fumatori di sigaretta elettronica. Il livello di questo metabolita era paragonabile a quello riscontrato nei fumatori di sigaretta tradizionale.

Quali altre sostanze possono generarsi durante il normale utilizzo della sigaretta elettronica?

Nell’ambito di uno studio recente (Goniewicz et al, 2013(b)) è stato eseguito un test sull’aerosol generato da 12 sigarette, selezionate fra le marche più popolari nel mercato europeo, per valutare la presenza di composti carbonilici, composti organici volatili, nitroso amine tipiche del fumo di tabacco e metalli. I composti e le relative concentrazioni sono riportate nella tabella sottostante.

Sostanze	Concentrazioni
Composti carbonilici	
Formaldeide	2.0 µg - 56.1 µg
Acetaldeide	1.1 µg - 13.6 µg
Acroleina	0.7 µg - 41.9 µg
Composti organici volatili	
Toluene	0.2 µg - 6.3 µg
m,p-xylene	0.1 µg - 0.2 µg
Nitrosoamine specifiche del tabacco	
NNN	0.8 ng - 4.3 ng
NNK	1.1ng - 28.3 ng
Metalli	
Cadmio	0.01 µg - 0.22 µg
Nichel	0.11 µg - 0.29 µg
Piombo	0.03 µg - 0.57 µg

NNN = N'-nitrosonornicotine ; NNK = 4-(metilnitrosamino)- 1-(3-piridil)-1-butanone

Tra i composti carbonilici è stata riscontrata la formaldeide che è classificata dall’Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come cancerogena per l’uomo (gruppo 1), l’acetaldeide come possibile cancerogeno per l’uomo (gruppo 2B) mentre l’acroleina può causare irritazione delle cavità nasali e danni alla pleura e si ritiene possa contribuire alla generazione di problemi cardiovascolari tra i fumatori di sigarette tradizionali (anch’essi esposti a questa sostanza). L’esposizione a composti carbonilici causa irritazione delle mucose della bocca e della gola che è considerato uno degli effetti collaterali più segnalati fra chi usa la sigaretta elettronica. Le tre sostanze potrebbero derivare dal processo di pirolisi del glicerolo che ne determina la disidratazione. È importante sottolineare che tale processo avviene a temperature molto elevate (290 °C) , tuttavia è dimostrato che l’aggiunta di acidi alla miscela fa sì che esso possa avvenire anche a temperature più basse.

Le due nitroso amine specifiche del tabacco (NNN, NNK) sono entrambe classificate come cancerogene dalla IARC. E’ da notare che le concentrazioni riscontrate sono molto basse (dell’ordine dei nanogrammi).

Per quanto riguarda i metalli, viene precisato che tutti e tre sono stati rilevati anche nel campione di riferimento e nell’inalatore Nicorette. Anche in questo caso le concentrazioni sono molto basse.

Nella tabella sottostante si vede un confronto fra le concentrazioni di alcuni degli inquinanti più significativi riscontrati in questo studio e quelle presenti nel fumo delle sigarette tradizionali. Si vede che il rapporto è a favore della sigaretta elettronica. Le concentrazioni, ad esempio di formaldeide sono 9 volte superiori nel fumo di sigaretta tradizionale rispetto a quella elettronica, quelle di N'-nitrosornicotina (NNN) di 380 volte.

Sostanza tossica	Sigaretta tradizionale (µg)	Sigaretta elettronica (µg per 15 puffs)	Rapporto medio (tradizionale/e-sig)
Formaldeide	1.6-52	0.20 -5.61	9
Acetaldeide	52-140	0.11-1.36	450
Acroleina	2.4-62	0.07-4.19	15
Toluene	8.3-70	0.02-0.63	120
NNN	0.005-0-19	0.00008-0.00043	380
NNK	0.012-0.11	0.00011-0.00283	40

Uno studio molto recente (Williams et al, 2013) integra, in parte, questi risultati analizzando le concentrazioni di metalli pesanti presenti nell’aerosol generato durante l’utilizzo della sigaretta elettronica dotata di cartomizzatore. Occorre precisare che, mentre le prime sigarette elettroniche disponevano di un atomizzatore separato per scaldare il liquido e di cartucce che lo contenessero, le più recenti sono dotate di cartomizzatore che, periodicamente, viene riempito con la ricarica.

In questo studio è stato analizzato l’aerosol generato da 22 cartomizzatori acquistati nel corso di 2 anni, tutti della stessa marca di sigaretta elettronica.

I risultati mostrano che l’aerosol che si forma contiene particelle di dimensione > di 1µm costituite da stagno, argento, ferro, nichel, alluminio e silicati e nanoparticelle (< 100 nm) di stagno, cromo e nichel.

Un “puff” di aerosol contiene circa 4 milioni di particelle/cm³ di dimensioni comprese tra 10 e 1000 nm, fra queste la metà circa sono nano particelle.

Si può stimare che chi inala 100 “puff” al giorno di aerosol, generati dalla sigaretta esaminata, inala, approssimativamente, 10⁸ particelle con diametro inferiore a 1000 nm.

Le nanoparticelle destano preoccupazione per la loro capacità di penetrare in profondità nell’apparato respiratorio e raggiungere gli alveoli.

E’ utile ricordare che esse sono presenti anche nel fumo di sigaretta tradizionale: sono 8.8 x 10⁹ le particelle di dimensioni comprese tra i 6 e i 50 nm presenti nel fumo di una sigaretta.

Con ogni probabilità i metalli derivano dai filamenti metallici presenti nel cartomizzatore mentre i silicati dal materiale assorbente costituito da fibre di vetro.

Quali sono gli effetti avversi descritti?

Al Center for Tobacco Products (CPT) della Food and Drug Administration statunitense è attivo un sistema di raccolta degli effetti avversi segnalati sia dai consumatori, sia dal personale sanitario relativi ai prodotti del tabacco. Sin dagli anni 80 sono state raccolte più di 100 segnalazioni, fra queste 47 riguardano la sigaretta elettronica: 8 segnalano gli effetti avversi più gravi quali il ricovero per malattie come la polmonite, l’insufficienza cardiaca congestizia, disorientamento, attacco epilettico, ipotensione, polmonite da aspirazione, ustioni al viso di secondo grado (a causa dell’esplosione del prodotto), dolore al torace e accelerazione del battito cardiaco.

Le altre segnalazioni sono relative a: mal di testa/emicrania, dolore al torace, tosse e catarro, nausea/vomito, vertigini, secchezza della gola, respiro corto, dolori addominali, visione sfocata e stanchezza (Chen, 2013).

E’ stato riscontrata anche l’insorgenza di polmonite lipidica esogena, il caso riguarda una donna che aveva iniziato a usare la sigaretta elettronica sette mesi prima. Si ipotizza che la causa sia l’aspirazione di oli a base di glicerolo presenti nell’aerosol della sigaretta elettronica (McCauley et al, 2012).

Considerazioni conclusive

Allo stato attuale della conoscenza, non si può affermare che la tossicità della sigaretta elettronica sia paragonabile a quella della sigaretta tradizionale.

Il numero e le quantità dei composti tossici che si generano durante l’uso della sigaretta elettronica sono nettamente inferiori rispetto a quelli che si formano dalla combustione del tabacco di una sigaretta tradizionale. Su queste basi si può ragionevolmente dedurre che la sigaretta elettronica non abbia come conseguenza le patologie tumorali causate da quella tradizionale.

E’ importante, tuttavia, continuare a studiare l’eventuale presenza di inquinanti nel vapore che si genera dalla sigaretta elettronica e gli esiti di salute a medio e lungo termine.

Bibliografia

Casarett & Doull’s (edizione italiana a cura di Cattabeni, Costa, Galli). Tossicologia. I fondamenti delle azioni delle sostanze tossiche. EMSI editore, 1993.

Chen IL. FDA summary of adverse events on electronic cigarettes. Nicotine Tob Res. 2013 Feb;15(2):615-6.

Etter JF, Bullen C. Saliiva cotinine levels in users of electronic cigarettes. Eur Respir J. 2011 Nov;38(5):1219-20.

Flouris AD, Chorti MS, Poulianiti KP, Jamurtas AZ, Kostikas K, Tzatzarakis MN, Wallace Hayes A, Tsatsaki AM, Koutedakis Y. Acute impact of active and passive electronic cigarette smoking on serum cotinine and lung function. Inhal Toxicol. 2013 Feb;25(2):91-101.

Goniewicz ML, Kuma T, Gawron M, Knysak J, Kosmider L. Nicotine levels in electronic cigarettes. *Nicotine Tob Res.* 2013 Jan;15(1)(a)

Goniewicz ML, Knysak J, Gawron M, Kosmider L, Sobczak A, Kurek J, Prokopowicz A, Jablonska-Czapla M, Rosik-Dulewska C, Havel C, Jacob P 3rd, Benowitz N. Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronic cigarettes. *Tob Control.* 2013 Mar 6(b)

McCauley L, Markin C, Hosmer D. An unexpected consequence of electronic cigarette use. *Chest.* 2012 Apr;141(4):1110-3

Varughese S, Teschke K, Brauer M, Chow Y, van Netten C, Kennedy SM. Effects of theatrical smokes and fogs on respiratory health in the entertainment industry. *Am J Ind Med.* 2005 May;47(5):411-8

Wieslander G, Norbäck D, Lindgren T. Experimental exposure to propylene glycol mist in aviation emergency training: acute ocular and respiratory effects. *Occup Environ Med.* 2001 Oct;58(10):649-55

Williams M, Villarreal A, Bozhilov K, Lin S, Talbot P. Metal and silicate particles including nanoparticles are present in electronic cigarette cartomizer fluid and aerosol. *PLoS One.* 2013;8(3)

Per maggiori informazioni contattare:

Centro Regionale di Documentazione per la Promozione della Salute, ASL TO3

Via Sabaudia 164, 10095, Grugliasco (TO)

Tel. 01140188210-502 - Fax 01140188501 - info@dors.it