

# **Controllo delle infezioni: l'unità per il controllo delle infezioni trasmesse per via aerea sopprime gli aerosol trasmessi per via aerea durante i test cardiaci da sforzo in un centro cardiologico ambulatoriale**

Daniel Bonn PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Van der Waals-Zeeman Institute, Istituto di fisica, Università di Amsterdam, Paesi Bassi

## **Sommario**

**Introduzione:** I pazienti cardiovascolari sono sottoposti a maggiore rischio di complicazioni causate dal COVID19. Una delle attuali preoccupazioni è che gli aerosol in microgocce possono essere responsabili della trasmissione virale (del SARS- CoV-2). Le suddette goccioline sono particolarmente importanti per le procedure diagnostiche e terapeutiche (cardiache), poiché il personale medico opera a stretto contatto con il paziente.

**Risultati:** Abbiamo misurato la generazione e persistenza di aerosol e dei livelli di CO<sub>2</sub> durante i test cardiaci da sforzo su ciclo-ergometro in un centro cardiologico ambulatoriale. La misurazione è stata effettuata con la ventilazione dell'ambiente accesa e in presenza o meno di unità per il controllo delle infezioni Novaerus NV800. Senza l'unità per il controllo delle infezioni, i livelli di concentrazione di aerosol e CO<sub>2</sub> aumentano significativamente durante il test da sforzo. Con l'unità per il controllo delle infezioni, la concentrazione di CO<sub>2</sub> aumenta ma non si rilevano più aerosol.

**Conclusione:** L'unità per il controllo delle infezioni Novaerus NV800 sopprime molto efficientemente gli aerosol trasmessi per via aerea, riducendoli a livelli non più rilevabili.

## **Introduzione**

La pandemia della malattia da coronavirus 2019 (COVID19) in corso ha impatti sociali ed economici enormi. La suscettibilità all'infezione da SARS-CoV-2 e alle successive complicazioni è stata correlata all'età, all'obesità e alle malattie cardiovascolari [1,2]. I pazienti cardiovascolari, se infetti da SARS-CoV-2, sono sottoposti ad un rischio di mortalità significativamente più alto rispetto ai pazienti non affetti da malattie cardiovascolari [3].

Vi è una crescente evidenza che anche le microgocce di aerosol di piccole dimensioni ( $<5 \mu\text{m}$ ) prodotte tossendo e parlando possono trasmettere il virus [4]. Tali goccioline rimangono sospese nell'aria e sono inalabili per un tempo più lungo e, quando trasmesse per via aerea, possono percorrere distanze significativamente superiori ai 2 metri. Le mascherine e il distanziamento sociale proteggono dalle goccioline più grosse, ma la loro efficacia rispetto alla trasmissione di aerosol in microgocce è limitata [5,6]. Le mascherine chirurgiche comunemente utilizzate, ad esempio, filtrano solo il 30% delle particelle di aerosol negli esperimenti in laboratorio e solo le maschere di qualità molto superiore (N95 o FFP2) offrono una buona protezione dagli aerosol [7]. Inoltre, se una persona infetta indossa una delle suddette mascherine a protezione elevata, riduce significativamente la generazione di aerosol [7]. Per limitare il rischio di infezione da parte delle particelle di aerosol, devono essere adottate altre misure preventive, come la ventilazione degli ambienti al fine di diluire ed eliminare gli aerosol e ridurre il tempo di permanenza.

L'obiettivo del presente studio è verificare se un'unità per il controllo delle infezioni Novaerus possa essere utilizzata come dispositivo per ridurre il rischio di trasmissione del SARS-CoV-2 tramite aerosol durante i test cardiaci da sforzo. Noi studiamo i test cardiaci da sforzo presso i centri cardiologici dei Paesi Bassi (Cardiology Centers of The Netherlands, CCN), una catena di centri cardiologici ambulatoriali.

## **Metodi**

La concentrazione di aerosol è spesso misurata tramite la tecnica a diffrazione laser [8]. Utilizzando la suddetta tecnica come procedimento standard, abbiamo convalidato un metodo nuovo che utilizza un contatore di particelle manuale (Fluke 985, Fluke B.V. Europe,

Eindhoven, Paesi Bassi) frequentemente impiegato per le analisi della qualità dell'aria, che supera la maggior parte dei suddetti inconvenienti della tecnica a diffrazione laser [8] ed è raffigurato nella Fig.1.

L'impianto sperimentale situato nell'ambulatorio è un locale per esercizio fisico di  $4 \times 4 \times 3 \text{ m}^3$ , in cui il contatore di particelle è posizionato a 2,5 m dal paziente ad un'altezza di un metro dal pavimento. L'alimentazione d'aria dell'ambulatorio produce  $\sim 4400 \text{ m}^3/\text{h}$ , mentre sono estratti  $\sim 3700 \text{ m}^3/\text{h}$ . La superficie totale dell'ambulatorio è  $350 \text{ m}^2$  e l'altezza del soffitto è 3 m, per cui il volume totale è di  $103 \text{ m}^3$ , che porta ad un numero di Cambi d'aria all'ora (ACH) pari a 4-5. Dopo ogni test da sforzo la stanza è stata ventilata per un'ora per evitare effetti sul test successivo.

Durante la misurazione della concentrazione e persistenza degli aerosol, è stato simultaneamente determinato il  $\text{CO}_2$  in condizioni di ventilazione diverse. È stato utilizzato un Testo 440dP (Testo BV, Almere, Paesi Bassi) manuale sia per il livello di ricambio d'aria, mediante un sensore di pressione differenziale, che per la misurazione di  $\text{CO}_2$ , mediante un sensore di  $\text{CO}_2$ /temperatura/umidità relativa. Durante gli esperimenti la temperatura e l'umidità erano costanti.



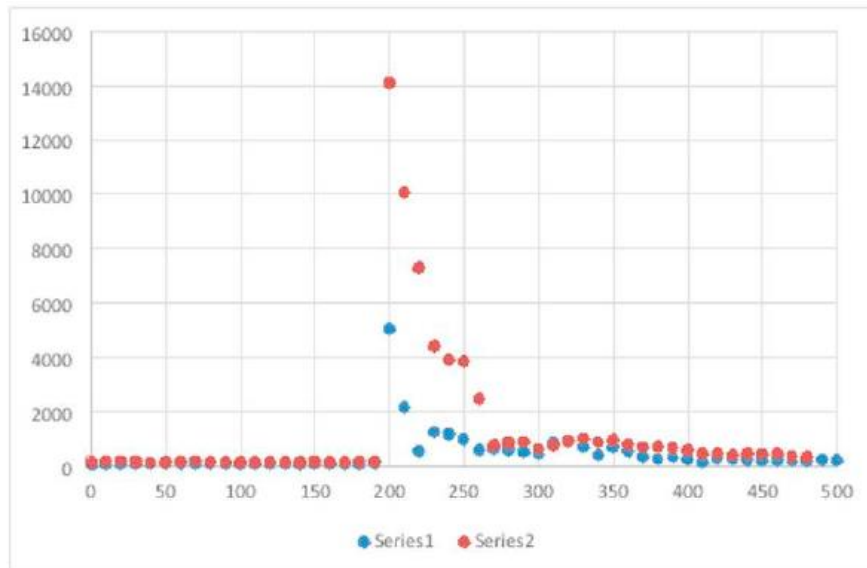
*Figura 1. Il contatore di particelle, che misura il numero di particelle per litro d'aria di determinate dimensioni indicate nel display. Quando sono prodotti aerosol, questi sono visibili come aumento nei diversi canali rispetto alle particelle di fondo (polvere). Le dimensioni medie*

*degli aerosol prodotti da attività umana sono circa 5  $\mu\text{m}$  [9], dopo l'evaporazione dell'acqua contenuta nella saliva questo crea aerosol di circa 1-2  $\mu\text{m}$ . Utilizziamo quindi questo intervallo di dimensioni anche per la produzione degli aerosol artificiali; le misurazioni indicate sotto indicano i dati per il canale 1  $\mu\text{m}$ , ma gli altri canali danno risultati simili e soprattutto lo stesso tempo di persistenza entro i limiti per la precisione dell'esperimento.*

## **Risultati**

### *Persistenza degli aerosol*

In precedenza abbiamo studiato il comportamento temporale e spaziale delle goccioline di aerosol generate da individui sani parlando e tossendo [9]. Abbiamo inoltre mostrato come generare artificialmente goccioline di aerosol, che ci consentono di misurarne la persistenza e conseguentemente valutare la quantità di ventilazione di ambienti diversi [8]. Qui, utilizziamo il metodo di conteggio delle particelle per determinare la persistenza delle goccioline di aerosol nel tempo in un centro cardiologico ambulatoriale con diverse modalità di ventilazione. Lo facciamo in un locale per test cardiaci da sforzo di dimensioni  $4 \times 4 \times 3 \text{ m}^3$ . La Fig.2 rappresenta un tipico tracciato temporale delle concentrazioni di particelle di 1,0 micrometro in funzione del tempo con ventilazione normale (puntini rossi) e con l'aggiunta della ventilazione Novaerus (puntini blu). In entrambe le situazioni, gli aerosol artificiali sono stati generati in un raggio di 5 metri attorno al contatore di particelle che era situato su un tavolo. È chiaro dai dati che il sistema di ventilazione Novaerus riduce notevolmente sia la concentrazione assoluta che il tempo di persistenza degli aerosol.



- Serie 1
- Serie 2

Figura 2. Numero di particelle di aerosol misurate in funzione del tempo. Gli aerosol sono prodotti artificialmente a  $t=20$  s e viene misurata la loro persistenza per valutare la qualità della ventilazione. Il tempo caratteristico di persistenza, qui  $> 2$  minuti per la ventilazione "normale" nella sala d'attesa dell'ambulatorio, ed un tempo inferiore a quello con il dispositivo Novaerus.

### Test cardiaci da sforzo

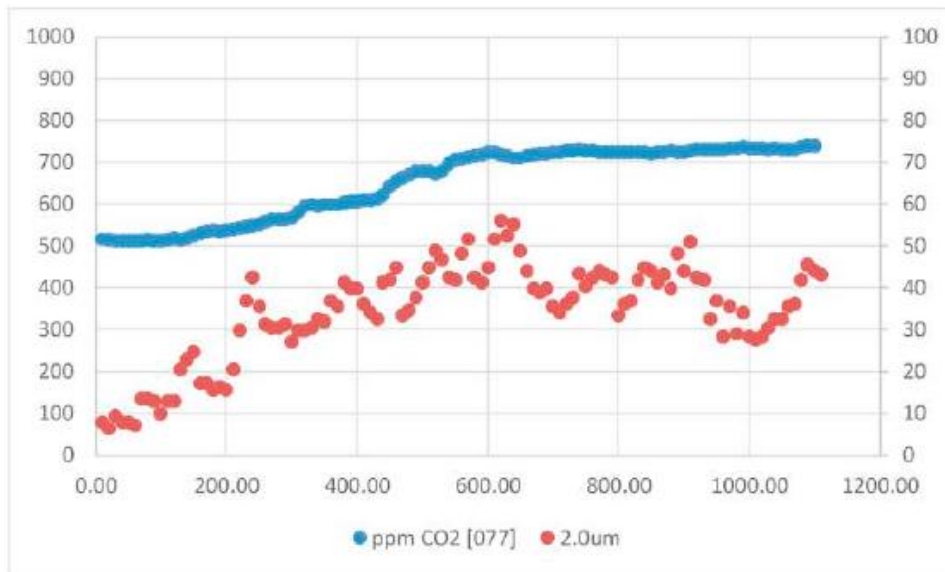
I pazienti sono stati sottoposti ad un test cardiaco da sforzo con ciclo-ergometro. La configurazione dell'esperimento è rappresentata nella Fig.3. Il protocollo del test da sforzo è il seguente. Dopo la registrazione di ECG a riposo e la misurazione della pressione sanguigna, è stata avviata una fase di riscaldamento con carico di lavoro di 60 Watt. Ogni 2 minuti il carico di lavoro è stato aumentato di 20 Watt e sono stati misurati ECG e pressione sanguigna. È stato chiesto ad ogni persona di mantenere la velocità del ciclo-ergometro a 50-60 giri al minuto. Il test è stato concluso quando è stato raggiunto il battito cardiaco desiderato  $((220 - \text{età}) \times 0,85)$  o quando il paziente provava disagio. La durata del test è stata registrata in minuti. Le prestazioni individuali sono state caratterizzate in termini di carico di lavoro massimo (in Watt), frequenza cardiaca massima, percentuale del carico di lavoro previsto e doppio prodotto (Rate Pressure Product, o RPP) (frequenza cardiaca massima x pressione sistolica).



*Figura 3. Test cardiaco da sforzo con misurazione della concentrazione di aerosol e livelli di CO<sub>2</sub>. La macchina Novaerus è posizionata a 2 metri di distanza dal paziente, per terra.*

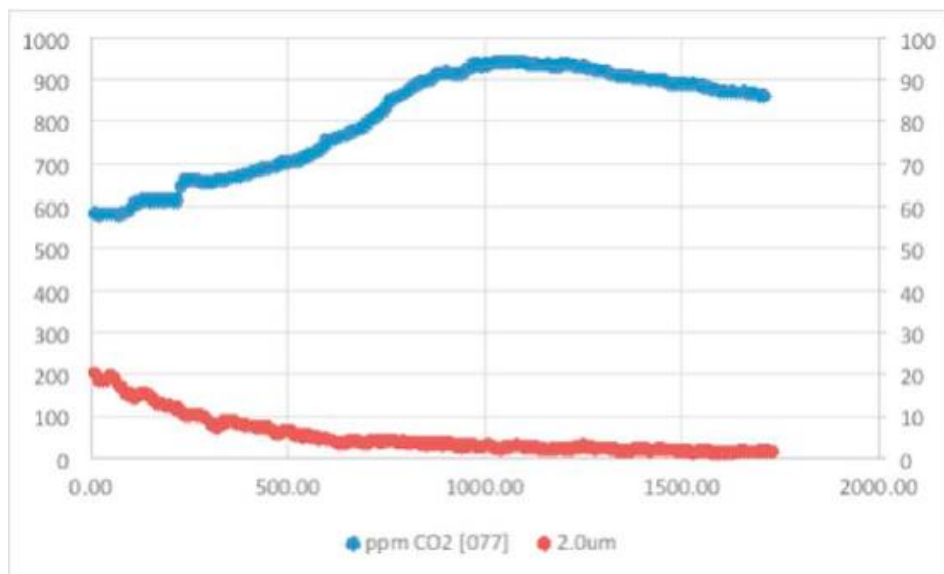
Abbiamo riscontrato grosse differenze nella produzione di aerosol tra i pazienti [10]. È stato quindi deciso di effettuare le misurazioni due volte sullo stesso paziente in giorni diversi. I risultati (Fig.4) indicano che senza il dispositivo per il controllo delle infezioni trasmesse per via aerea Novaerus, il test cardiaco da sforzo produce una quantità significativa di aerosol e il loro aumento segue la stessa tendenza del CO<sub>2</sub>, indicando chiaramente che è il test da sforzo che li genera entrambi. Inoltre, con la ventilazione normale del centro di cardiologia, una grossa concentrazione di aerosol rimane per diversi minuti dopo che una persona infetta è uscita dal locale per esercizio fisico per l'ECG, il che implica un rischio di trasmissione maggiore. D'altra parte, con il dispositivo Novaerus, viene ancora generato CO<sub>2</sub> ma la quantità di piccole particelle diminuisce: il dispositivo per il controllo delle infezioni trasmesse per via aerea Novaerus cattura e distrugge tutti gli aerosol generati dal test da sforzo. Inoltre, il dispositivo depura ulteriormente l'aria dalle particelle di polvere di fondo.

## Senza Novaerus



- ppm CO2 [077]
- 2,0 μm

## Con Novaerus



- ppm CO2 [077]
- 2,0 μm

Figura 2. Numero di particelle di aerosol misurate (simboli rossi, asse destro) e concentrazione di CO<sub>2</sub> (simboli blu, asse sinistro) in funzione del tempo. Il test cardiaco da sforzo comincia a 200 secondi e si ferma a 1000 secondi. Per l'esperimento con Novaerus (grafico in basso), la macchina viene accesa a t=0.

## Conclusion

Concludiamo che il dispositivo per il controllo delle infezioni trasmesse per via aerea Novaerus riduce significativamente il numero di goccioline di aerosol generate dai test cardiaci da sforzo, fino a livelli in cui non possono più essere rilevate.

## Bibliografia

1. McGumaghan SJ, Weir A, Bishop J, Kennedy S, Blackburn LAK, McAllister DA et al. (Public Health Scotland COVID-19 Health Protection Study Group); Scottish Diabetes Research Network Epidemiology Group. *Risks of and risk factors for COVID-19 disease in people with diabetes: a cohort study of the total population of Scotland*. Lancet Diabetes Endocrinol. 2020 Dec 23; S2213-8587(20)30405-8.
2. Lippi G, Wong J, Henry BM. *Hypertension in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pooled analysis*. Pol Arch Intern Med. 2020 Apr 30; 130(4): 304-309.
3. Nishiga M, Wang DW, Han Y, Lewis DB, Wu JC. *COVID-19 and cardiovascular disease: from basic mechanisms to clinical perspectives*. Nat Rev Cardiol. 2020 Jul 20: 1- 16.
4. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali MK, et al. *Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals*. Nature 2020, volume 582; 557- 560
5. Lewis D. *Is the coronavirus airborne? Experts can't agree*. Nature. 2020; 580: 175
6. Ueki H, Furusawa Y, Iwatsuki-Horimoto K, Imai, Kabata H, Nishimura H, Kawaoka Y. *Effectiveness of Face Masks in Preventing Airborne Transmission of SARS-CoV-2*. mSphere. 2020 Sep-Oct; 5(5): e00637-20.
7. Bowen LE. *Does that face mask really protect you?* Appl Biosaf. 2010; 15: 67-71; N. Leung et al., *Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks*, Nature Medicine 26:676 (2020)
8. Sornsen GA, van Rijn CJM, Kooij S, Bern RA, Bonn D. *Measurement of small droplet aerosol concentrations in public spaces using handheld particle counters*. Phys Fluids (1994) 2020 Dec 1; 32(12): 121707
9. Sornsen GA, van Rijn CJM, Kooij S, Bern RA, Bonn D. *Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission*. G Lancet Respir Med. 2020 Jul; 8(7): 658- 659; C van Rijn, GA Sornsen, L Hofstra, G Dahhan, RA Bern, S Kooij, D Bonn, *Reducing aerosol transmission of SARS-CoV-2 in hospital elevators*. Indoor air 30 (6), 1065-1066 (2020)
10. G. Aemout Sornsen, Michiel M. Winter, Igor I. Tulevski, Stefan Kooij, Daniel Bonn, *Risk of Aerosol Transmission of SARS-CoV-2 in Cardiac Stress Testing*, submitted.