

# EFFETTO DELLA SEMIMASCHERA FILTRANTE SUGLI SCAMBI RESPIRATORI DURANTE ESERCIZIO

## Uno studio preliminare

### INTRODUZIONE

A seguito dell'emergere della pandemia da SARS-CoV2, l'uso delle mascherine facciali viene largamente raccomandato dalle autorità locali, nazionali ed internazionali allo scopo di ridurre la escrezione di goccioline respiratorie.

La presenza della mascherina ( $m$ ) determina necessariamente una modificazione in senso peggiorativo della meccanica ventilatoria e degli scambi gassosi polmonari. In particolare, la mascherina determina:

- un aumento della resistenza ( $R$ ) ai flussi inspiratori ed espiratori
- una modificazione della composizione dell'aria inspirata.

L'aumento di  $R$  in ed espiratoria influisce in maniera negativa sulla meccanica respiratoria, poiché, per mantenere identici flussi ventilatori, è necessario aumentare le pressioni in ed espiratorie con conseguente maggior lavoro meccanico a carico dei muscoli respiratori.

La  $m$  agisce come una sorta di spazio morto aggiunto, infatti la ridotta diffusione di  $O_2$  e  $CO_2$  attraverso le pareti della  $m$ , fa sì che il volume d'aria contenuto nella  $m$  (che rappresenta il primo volume inspirato) abbia una composizione dei gas respiratori diversa dall'aria ambiente ( $F_{iO_2}$  20.93% e  $F_{iCO_2}$  0.04%) con una minor  $FO_2$  e una maggior  $FCO_2$ ; questo influisce negativamente sugli scambi gassosi alveolari, poiché a parità di ventilazione, diminuisce la quantità di  $O_2$  veicolato dall'ambiente esterno all'ambiente alveolare e diminuisce la quantità di  $CO_2$  sottratta dall'ambiente alveolare.

Inoltre i due effetti negativi (aumento di  $R$  e modificazione delle  $F$  inspirate) agiscono in maniera sinergica poiché un maggior lavoro respiratorio richiede un maggior consumo di  $O_2$  (e produzione di  $CO_2$ ) da parte dei muscoli respiratori in una situazione di ridotto apporto di  $O_2$  e diminuito smaltimento di  $CO_2$ .

Poiché l'utilizzo della  $m$  è un presidio essenziale per il contenimento della diffusione del Covid e l'attività motoria/sportiva è un pilastro nella prevenzione e nella cura delle malattie cronico degenerative tipiche della nostra società occidentale, risulta lecito chiedersi se l'attività motoria possa essere eseguita indossando la  $m$  o se l'utilizzo della  $m$  non sia controindicato durante l'esercizio fisico.

Inoltre risulta altrettanto lecito chiedersi se quelle attività diagnostico/riabilitative eseguite in ambiente ambulatoriale/ospedaliero che richiedano l'esercizio fisico (test ergometrico o riabilitazione cardiologica per citarne alcuni) debbano essere condotte utilizzando la  $m$  o meno, tendo conto che tali attività vengono frequentemente eseguiti su soggetti cardiopatici e che vengono eseguiti in luoghi dove risulta essere necessario limitare ogni possibile possibilità di diffusione del virus.

A tali quesiti è possibile dare una risposta solo avendo una precisa quantificazione degli eventuali effetti negativi della  $m$  sulla meccanica respiratoria e sugli scambi gassosi.

Scopo di questa tesi è quello di proporre un set up sperimentale utile per quantificare gli effetti della  $m$  sugli scambi respiratori durante esercizio.

## MATERIALI E METODI

**Soggetti.** Hanno partecipato due soggetti maschi sani, praticanti attività sportiva a livello amatoriale/ricreazionale

M 53aa 1.70 m 80.5 kg RS fc 55 bpm deviazione assiale sin PA 110/70 mmHg

A 44aa 1.76 m 83.5 kg RS fc 55 bpm ECG nella norma PA 110/70 mmHg.

**Protocollo sperimentale.** E' stato eseguito un test cardiopolmonare CPx su cicloergometro (Monark 828 provvisto di misuratore di potenza SRM), con protocollo a rampa, iniziato a 40 watt con successivo aumento di 20 watt/min, condotto fino alla massima intensità di esercizio del soggetto: durante l'intero test la frequenza di pedalata è stata mantenuta costante a 80 rpm.

Il soggetto M ha ripetuto il test sia con la mascherina chirurgica  $m_{CH}$  sia con la mascherina FP2/KN95  $m_{PF2}$  mentre il soggetto A ha ripetuto il test solo con  $m_{PF2}$

I risultati del test CPx senza  $m$  dei due soggetti sono riassunti nelle tabelle di seguito.

### MISURE ANTROPOMETRICHE E COMPOSIZIONE CORPOREA

altezza (cm)      **170**                              **80.5**                              superficie corporea (m<sup>2</sup>)      1.920

### TEST INCREMENTALE AL CICLOERGOMETRO

	VALORI SOGLIA ANAEROBICA VT1 AT	VALORI SOGLIA ANAEROBICA VT2 RCT	VALORI MASSIMI
potenza meccanica (watt)	<b>154</b>	<b>188</b>	<b>257</b>
potenza (watt/kg)	<b>1.9</b>	<b>2.3</b>	<b>3.2</b>
frequenza cardiaca (bpm)	<b>143</b>	<b>152</b>	<b>176</b>
consumo di O <sub>2</sub> /kg (ml/min)	<b>28.0</b>	<b>31.9</b>	<b>39.0</b>
% rispetto al max	<b>72</b>	<b>82</b>	
consumo di O <sub>2</sub> (l/min)	<b>2.26</b>	<b>2.57</b>	<b>3.14</b>
produzione di CO <sub>2</sub> (l/min)	<b>2.05</b>	<b>2.55</b>	<b>3.88</b>
quoziente respiratorio	<b>0.91</b>	<b>0.99</b>	<b>1.24</b>
ventilazione (l/min)	<b>61</b>	<b>77</b>	<b>126</b>
BF (atti/min)	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>46</b>
Vd/Vt (stimato)	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>
acido lattico (mM)			
VO <sub>2</sub> /fc (ml/b)	<b>15.8</b>	<b>16.9</b>	<b>17.8</b>
costo (kcal/km)			
dispendio energetico 1 h	<b>658</b>	<b>749</b>	riferiti al ciclismo
rendimento (%)	<b>23.9</b>	<b>25.0</b>	
PetCO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>39.8</b>	<b>38.6</b>	<b>37.9</b>
PetO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>107.9</b>	<b>111.4</b>	<b>114.3</b>
PeCO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>30.9</b>	<b>30.3</b>	<b>30.2</b>
PeO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>117.7</b>	<b>120.5</b>	<b>122.3</b>
Fin,endCO <sub>2</sub> (%)	<b>0.023</b>	<b>0.024</b>	<b>0.023</b>
Fin,endO <sub>2</sub> (%)	<b>20.93</b>	<b>20.93</b>	<b>20.94</b>

Tabella 1A: riassunto dei dati salienti del test CPx condotto senza mascherina dal soggetto M.

**M**anni **44****MISURE ANTROPOMETRICHE E COMPOSIZIONE CORPOREA**

altezza (cm)	<b>176</b>	<b>83.5</b>	superficie corporea (m <sup>2</sup> )	2.000
--------------	------------	-------------	---------------------------------------	-------

**TEST INCREMENTALE AL CICLOERGOMETRO**

	<b>VALORI SOGLIA ANAEROBICA VT1 AT</b>	<b>VALORI SOGLIA ANAEROBICA VT2 RCT</b>	<b>VALORI MASSIMI</b>
potenza meccanica (watt)	<b>148</b>	<b>234</b>	<b>298</b>
potenza (watt/kg)	<b>1.8</b>	<b>2.8</b>	<b>3.6</b>
frequenza cardiaca (bpm)	<b>112</b>	<b>136</b>	<b>0</b>
consumo di O <sub>2</sub> /kg (ml/min)	<b>24.7</b>	<b>33.1</b>	<b>37.3</b>
% rispetto al max	<b>66</b>	<b>89</b>	
consumo di O <sub>2</sub> (l/min)	<b>2.06</b>	<b>2.77</b>	<b>3.11</b>
produzione di CO <sub>2</sub> (l/min)	<b>1.83</b>	<b>2.95</b>	<b>3.93</b>
quoziente respiratorio	<b>0.89</b>	<b>1.07</b>	<b>1.31</b>
ventilazione (l/min)	<b>49</b>	<b>84</b>	<b>132</b>
BF (atti/min)	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>47</b>
Vd/Vt (stimato)	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>
acido lattico (mM)			
VO <sub>2</sub> /fc (ml/b)	<b>18.4</b>	<b>20.3</b>	<b>19.4</b>
costo (kcal/km)			
dispendio energetico 1 h	<b>602</b>	<b>806</b>	riferiti al ciclismo
rendimento (%)	<b>25.4</b>	<b>28.5</b>	
PetCO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>44.6</b>	<b>42.2</b>	<b>35.7</b>
PetO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>102.1</b>	<b>110.9</b>	<b>121.6</b>
PeCO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>34.0</b>	<b>31.5</b>	<b>26.7</b>
PeO <sub>2</sub> (mmHg)	<b>114.1</b>	<b>121.4</b>	<b>129.5</b>
Fin,endCO <sub>2</sub> (%)	<b>0.20</b>	<b>0.22</b>	<b>0.25</b>
Fin,endO <sub>2</sub> (%)	<b>20.94</b>	<b>20.93</b>	<b>20.92</b>

Tabella 1B: riassunto dei dati salienti del test CPx condotto senza mascherina dal soggetto A.

Sebbene i due soggetti abbiano raggiunto massime intensità di esercizio  $W_{MAX}$  diverse (M 257 watt e A 298 watt), la soglia anaerobica ventilatoria (AT) risulta essere posta per entrambi i soggetti a circa 150 watt. Questo dato risulta utile per le successive analisi mostrate.

**Set up.** Per simulare l'utilizzo della  $m$ , si è provveduto a coprire il foro di ventilazione del sensore di flusso dell'ergospirometro (Cortex) con un lembo di  $m$  ritagliato e fissato tramite fascette per assicurarne la tenuta stagna (Figura 1 SINISTRA). Secondo questo set-up sperimentale, sia il sensore di flusso che il sensore dei gas si trovano nello spazio compreso fra il soggetto e la  $m$ , quindi sia la misura dei parametri ventilatori che l'analisi dei gas respiratori avvengono all'interno del piccolo spazio morto aggiunto formato dalla maschera in silicone normalmente utilizzata nel test CPx: si definisce per comodità espositiva tale set up con la lettera V. Alternativamente l'esperimento si sarebbe potuto eseguire posizionando la  $m$  intatta sul viso del soggetto, e la maschera in silicone con i sensori di flusso e dei gas posizionata sulla  $m$  stessa (utilizzato in un recente lavoro da Fikenzer et al. *Clinical Research in Cardiology*. 2020 figura 1 DESTRA (1)). In questo set up alternativo sia il sensore di flusso che il sensore dei gas si troverebbero all'esterno della  $m$ : si definisce per comodità espositiva tale set up con la lettera M. Si è preferito utilizzare il set up V perché in questo caso la

misura dei gas respiratori durante la espirazione riflette esattamente l'aria alveolare e permette di stimare la composizione dell'aria ri-inspirata dallo spazio morto, cosa non possibile nel set up *M*



Figura 1 SINISTRA: set up sperimentale tipo *V* (vedi testo). DESTRA: set up sperimentale tipo *M*.

**Misurazioni.** Durante il test CPx vengono misurate

- **Ventilazione polmonare** ( $V_e$ ) = Volume corrente ( $V_t$ ) x frequenza respiratoria ( $BF$ )
- Pressioni parziali ( $P$ ) e frazioni ( $F$ ) di fine espirazione ( $et$ ) di  $O_2$  e  $CO_2$  **PetCO<sub>2</sub> – FetCO<sub>2</sub>; PetO<sub>2</sub> – FetO<sub>2</sub>**. Esse sono le  $F$  e le  $P$  dei gas respiratori rilevati dall'ergospirometro a fine espirazione e corrispondono, in prima approssimazione nel soggetto normale, alle  $F$  e alle  $P$  del sangue che si affaccia al lato arterioso del capillare polmonare
- Pressioni parziali ( $P$ ) e frazioni ( $F$ ) di fine espirazione ( $end_{IN}$ ) di  $O_2$  e  $CO_2$  **Pend<sub>IN</sub>CO<sub>2</sub> – Fend<sub>IN</sub>CO<sub>2</sub>; Pend<sub>IN</sub>O<sub>2</sub> – Fend<sub>IN</sub>O<sub>2</sub>** sono le  $F$  e le  $P$  dei gas respiratori rilevati dall'ergospirometro al termine della espirazione e sono correlate alla composizione dell'aria contenuta nello spazio morto aggiunto rappresentato dalla  $m$  (vedi dopo).
- Pressioni parziali ( $P$ ) e frazioni ( $F$ ) espiratorie medie ( $e$ ) di  $O_2$  e  $CO_2$  **PeCO<sub>2</sub> – FeCO<sub>2</sub>; PeO<sub>2</sub> – FeO<sub>2</sub>** sono le  $F$  e le  $P$  dei gas respiratori rilevati dall'ergospirometro durante l'espirazione e anch'esse sono correlate alla composizione dell'aria contenuta nello spazio morto aggiunto rappresentato dalla  $m$  (vedi dopo)

**Stima della composizione dell'aria all'interno della mascherina.** Come si è già detto, il set up sperimentale scelto (*V*) permette di misurare la composizione dell'aria espirata e ri-inspirata dallo spazio morto durante il riposo e l'esercizio fisico. In tal modo è possibile quantificare quanto la  $m$  modifichi l'aria inspirata. Durante il ciclo respiratorio, in assenza di  $m$ , è noto che la composizione dell'aria inspirata rifletta esattamente l'aria ambiente  $F_iO_2$  20.93% e  $F_iCO_2$  0.04%. Quando si indossa la  $m$  e come accade nel nostro set up sperimentale *V*, la composizione dell'aria inspirata all'istante nel quale inizia l'inspirazione coincide con quella dell'aria alveolare (PetCO<sub>2</sub> – FetCO<sub>2</sub>; PetO<sub>2</sub> – FetO<sub>2</sub>) mentre al termine dell'inspirazione, la composizione dell'aria inspirata coincide con il valore misurato dall'ergospirometro al termine inspirazione Pend<sub>IN</sub>CO<sub>2</sub> – Fend<sub>IN</sub>CO<sub>2</sub> e Pend<sub>IN</sub>O<sub>2</sub> – Fend<sub>IN</sub>O<sub>2</sub>. Tuttavia non è possibile misurare l'esatta QUANTITA' di  $O_2$  e  $CO_2$  inspirata poiché non si conosce l'andamento temporale della  $P$  durante il tempo di inspirazione quindi non è possibile stimare per quanto tempo l'aria ri-inspirata abbia una composizione più simile all'aria alveolare (povera di  $O_2$  e ricca di  $CO_2$ ) o all'aria di fine inspirazione (ricca di  $O_2$  e povera  $CO_2$ ). Quindi, nella presente trattazione, si è scelto di stimare la composizione dell'aria nella  $m$  ri-inspirata sia dai valori misurati a fine inspirazione sia dal valore medio rilevato durante l'intera espirazione (PeCO<sub>2</sub> – FeCO<sub>2</sub>; PeO<sub>2</sub> – FeO<sub>2</sub>). Il set up sperimentale *M* non permette alcuna stima dell'aria ri-inspirata nella  $m$ .

## RISULTATI E DISCUSSIONE

**Risultati a riposo.** Prima di inizia il test ergometrico, sono stati misurati a riposo i valori di  $V_e$ , di F e P dei gas respiratori. Essi sono riassunti nella tabella di seguito

		AMBIENTE ALVEOLARE		ARIA NELLA MASCHERINA				VENTILAZIONE		
		PetCO <sub>2</sub>	PetO <sub>2</sub>	Pend <sub>INCO<sub>2</sub></sub>	Pend <sub>INO<sub>2</sub></sub>	PeCO <sub>2</sub>	PeO <sub>2</sub>	V <sub>E</sub>	BF	V <sub>t</sub>
		FetCO <sub>2</sub>	FetO <sub>2</sub>	Fend <sub>INCO<sub>2</sub></sub>	Fend <sub>INO<sub>2</sub></sub>	FeCO <sub>2</sub>	FeO <sub>2</sub>			
		mmHg	mmHg	mmHg	mmHg			l/min	Atti/m in	l
		%	%	%	%					
base	M	33.1 4.64	108.1 15.15	1.8 0.25	149.3 20.94	25.4 3.55	118.0 16.54	23.4	28.6	0.842
	A	34.3 4.78	112.2 15.7	1.2 0.17	149.3 20.94	25.3 3.53	122.2 17.06	11.7	17.5	0.672
$m_{CH}$	M	37.2 5.19	106 14.80	3.4 0.48	149.6 20.98	31.3 4.38	113.5 15.85	28.9	24.0	1.234
	A							-	-	-
$m_{PF2}$	M	37.0 5.18	105.9 14.8	3.1 0.44	148.8 20.87	31.4 4.40	113.0 15.84	25.1	22.2	1.139
	A	28.3 3.95	118.7 16.6	2.3 0.32	149.3 20.94	28.3 3.95	118.7 16.6	21.3	14.9	1.466

Tabella 2. Valori di P e F dei gas respiratori e di  $V_e$  ottenute a riposo, con e senza l'utilizzo di  $m$ .

$PO_2$ : A riposo, non si osservano differenza fra le  $Pend_{INO_2} - Fend_{INO_2}$  sia che si indossi la  $m$  ( $m_{CH}$  o  $m_{PF2}$ ) sia che non la si indossi. Questo dimostra che, almeno a fine inspirazione a riposo, la composizione dell'aria riinspirata dalla  $m$  coincide con l'aria ambiente (149 mmHg). Tuttavia, non è possibile quantificare la composizione dell'aria nella  $m$ . I valori di  $PetO_2 - FetO_2$  indice della quantità di  $O_2$  del sangue arterioso, non si modificano quando si indossa la  $m$ , quindi è lecito affermare che una eventuale diminuzione della  $PO_2$  nell'aria riinspirata non comporta ipossiemia.

$PCO_2$ : Le  $Fend_{INCO_2}$  misurate quando viene indossata la  $m$  (che sia indifferentemente  $m_{CH}$  o  $m_{PF2}$ ) aumentano rispetto a quando non la si indossa (0.25% → 0.44% circa per il soggetto M; 0.17 → 0.32% per il soggetto A). In ogni caso risultano ancora al di sotto dei valori di  $CO_2$  permessi dalle autorità sanitarie internazionali per i luoghi chiusi (5000 ppm, corrispondenti a  $F_iCO_2$  0.5 %). Anche i valori di  $PetCO_2$  indice della quantità di  $CO_2$  del sangue arterioso, risultano lievemente aumentati (da 33-34 mmHg a 35-37 mmHg), pur rimanendo abbondantemente al di sotto dei limiti stabiliti per definire una condizione di ipercapnia (> 45 mmHg).

$V_e$ : La misura della ventilazione fornisce risultati discordanti fra i due soggetti. Mentre M mantiene un valore di  $V_e$  elevato (23-28 l/min BF 24/28 atti/min) sia a riposo che con la  $m$  indossata, Il soggetto A aumenta la  $V_e$  a riposo da un valore normale (12 l/min con BF 18 atti/min) a un valore più elevato, pur mantenendo BF costante (aumentando  $V_t$ ). In ragione di questa discrepanza, non si ritiene possibile alcuna deduzione.

In conclusione, sembrerebbe che i due tipi di mascherina, a riposo, non modifichino gli scambi di  $O_2$  e modifichino solo in maniera trascurabile gli scambi di  $CO_2$ .

### **Risultati durante esercizio.**

Per entrambi i soggetti, la  $W_{MAX}$  raggiunta durante il test condotto senza  $m$  non differisce sostanzialmente dalla  $W_{MAX}$  raggiunta indossando la  $m$  (- 9-10 watt (-4%) per il soggetto M; +1 watt per il soggetto A). Questo dato risulta essere in accordo con i risultati ottenuti da Fikenzler et. Al. (1)

*Aria alveolare (PetCO<sub>2</sub>–PetO<sub>2</sub>).* I grafici riportati in Figura 2 mostrano le Pet dei gas respiratori dei due soggetti (soggetto M: pallini e linea nera; soggetto A: rombi e linea nera) durante il test incrementale senza *m* e durante il test incrementale condotto indossando (soggetto M: pallini e linea rossa; soggetto A: rombi e linea rossa).

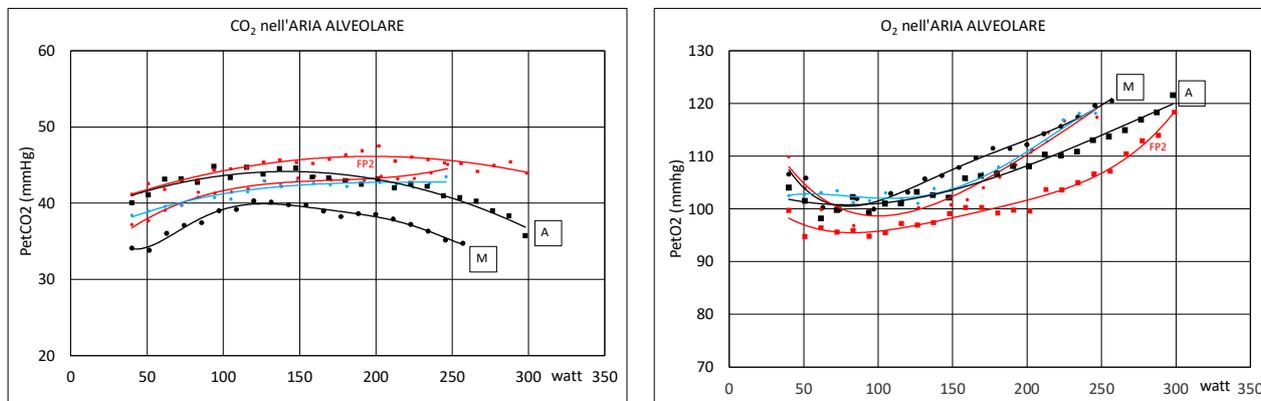


Figura 2. Andamento delle P alveolari PetCO<sub>2</sub> (a sinistra) e PetO<sub>2</sub> (a destra) in funzione dell'intensità di esercizio durante test CPx. Simboli e linea neri: dati ottenuti durante il test incrementale senza *m* (soggetto M: pallini; soggetto A: rombi). Simboli e linea rossa: dati ottenuti durante test con *m*<sub>PF2</sub> (soggetto M: pallini; soggetto A: rombi). Simboli e linea azzurra: dati ottenuti durante test con *m*<sub>CH</sub> (solo soggetto M).

In generale, per entrambi i soggetti, parrebbe che la differenza fra la PetCO<sub>2</sub> misurata senza *m* e con *m*<sub>CH</sub> e *m*<sub>PF2</sub> risulti limitata in corrispondenza di AT (150 watt) mentre aumenterebbe quanto più l'intensità di esercizio si avvicina a *W*<sub>MAX</sub>. Per il soggetto M, la  $\Delta_m\text{PetCO}_2@AT = 3.5$  mmHg diventa  $\Delta_m\text{PetCO}_2@W_{MAX} = 10.4$  mmHg e per il soggetto A, la  $\Delta_m\text{PetCO}_2@AT = 0.7$  mmHg diventa  $\Delta_m\text{PetCO}_2@W_{MAX} = 8.2$  mmHg. Invece PetO<sub>2</sub> mostrerebbe un andamento opposto, con una differenza apprezzabile in corrispondenza di AT ( $\Delta_m\text{PetO}_2@AT \approx 6$  mmHg) che andrebbe ad annullarsi quanto più l'intensità di esercizio si avvicina a *W*<sub>MAX</sub>.

Quindi si concretizzerebbe una lieve diminuzione di PetO<sub>2</sub> in corrispondenza di AT e un lieve aumento di PetCO<sub>2</sub> in corrispondenza di *W*<sub>MAX</sub> (con PetO<sub>2</sub> normale).

E' da notare che in entrambi i soggetti, la lieve riduzione di PetO<sub>2</sub> in corrispondenza di AT non ha nessun effetto sulla *fc*.

Per provare a chiarire la discrepanza fra l'andamento di PetCO<sub>2</sub> PetO<sub>2</sub> in funzione dell'intensità di esercizio, è necessario indagare due fattori determinanti la composizione dell'aria alveolare, cioè la composizione dell'aria nella mascherina e la *V<sub>e</sub>*, in corrispondenza di AT e di *W*<sub>MAX</sub>.

*Aria nella mascherina.* La composizione dell'aria all'interno della *m* dipende dalla composizione dell'aria alveolare, che veicola aria ricca di CO<sub>2</sub> e povera di O<sub>2</sub> e dalla aria inspirata, che veicola O<sub>2</sub>.

I valori e l'andamento delle P medie durante la espirazione PeCO<sub>2</sub> –PeO<sub>2</sub> sono sovrapponibili ai valori di PetCO<sub>2</sub> e PetO<sub>2</sub> già discussi, quindi non sono molto utili nel capire il diverso andamento di  $\Delta_m\text{PetCO}_2$  in funzione dell'intensità d'esercizio. Allo stesso modo la misura dei gas a fine espirazione mostra che, indipendentemente dall'intensità di esercizio  $P_{end\text{IN}O_2} = P_{\text{IN}O_2} = 149$  mmHg. Quindi anche questo valore non è utile.

La Figura 3 mostra l'andamento delle  $P_{end\text{IN}CO_2}$  in funzione dell'intensità di esercizio. Come si nota chiaramente, quando l'esercizio è condotto con la *m*, la  $P_{end\text{IN}CO_2}$  risulta solo lievemente aumentata rispetto alla  $P_{end\text{IN}CO_2}$  senza *m* in corrispondenza di AT ma nettamente aumentata per carichi prossimi a *W*<sub>MAX</sub>(+ 5

mmHg). E' plausibile che l'aumento di BF correlato all'aumento di intensità di esercizio determini un accorciamento del tempo durante il quale la CO<sub>2</sub> possa diffondere dall'interno dello spazio morto all'ambiente esterno, e che quindi l'aria riinspirata risulti tanto più ricca di CO<sub>2</sub> tanto maggiore è il rimo della V<sub>e</sub>, cioè BF.

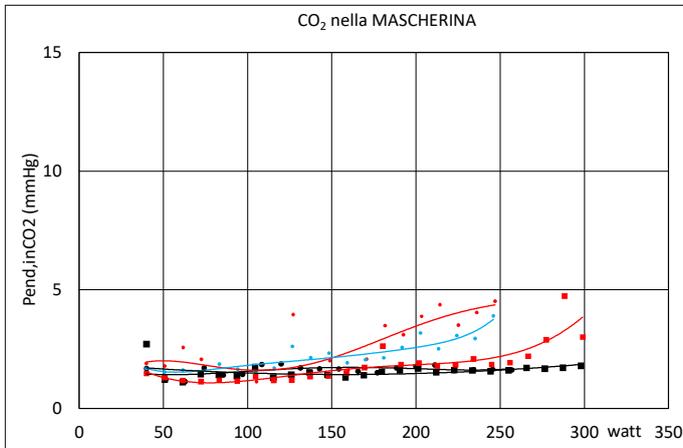


Figura 3. P della CO<sub>2</sub> di fine espirazione in funzione dell'intensità d'esercizio. Simboli e linea neri: dati ottenuti durante il test incrementale senza *m* (soggetto M: pallini; soggetto A: rombi). Simboli e linea rossa: dati ottenuti durante test con *m*<sub>PF2</sub> (soggetto M: pallini; soggetto A: rombi). Simboli e linea azzurra: dati ottenuti durante test con *m*<sub>CH</sub> (solo soggetto M).

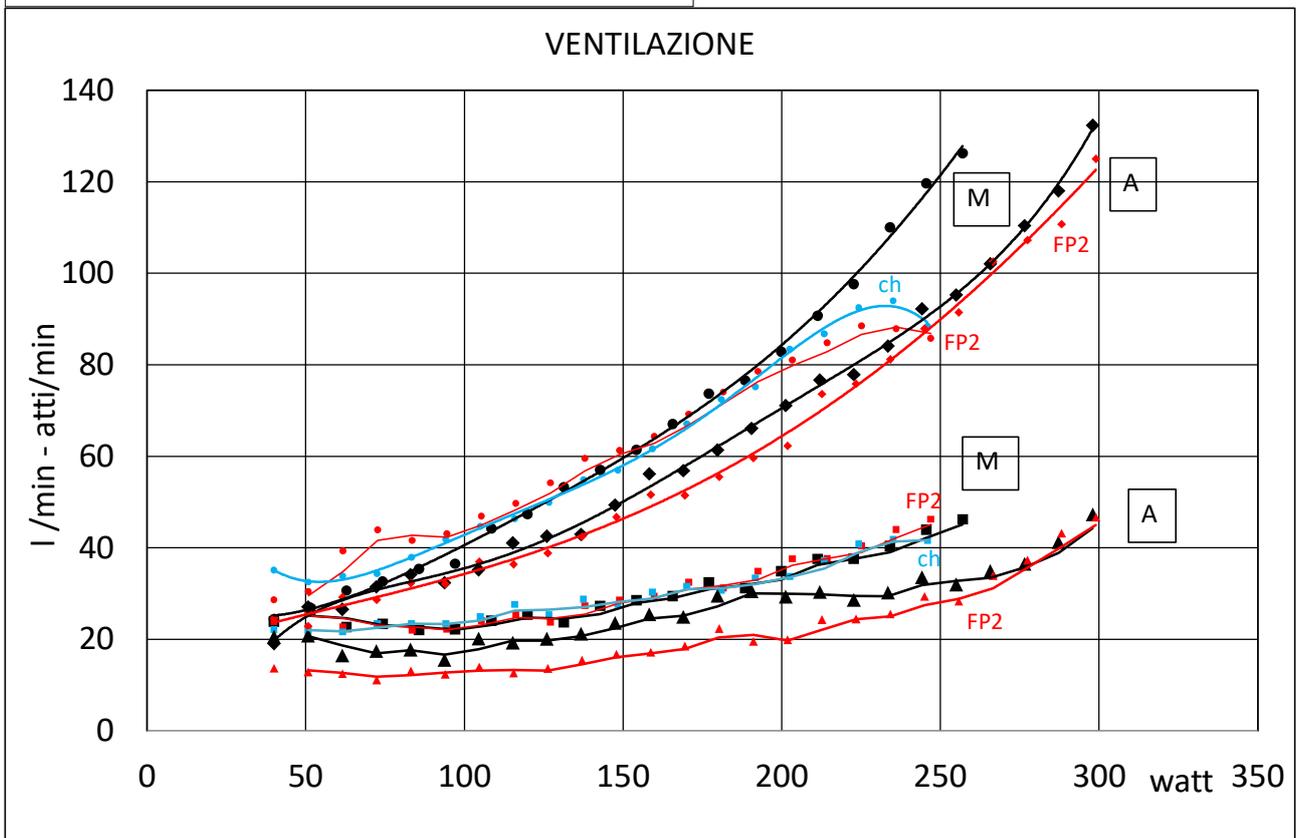


Figura 4. Andamento della  $V_e$  e della BF in funzione dell'intensità di esercizio. Simboli e linea neri: dati ottenuti durante il test incrementale senza *m* (soggetto M: pallini; soggetto A: rombi). Simboli e linea rossa: dati ottenuti durante test con *m*<sub>PF2</sub> (soggetto M: pallini; soggetto A: rombi). Simboli e linea azzurra: dati ottenuti durante test con *m*<sub>CH</sub> (solo soggetto M).

V<sub>e</sub>. Il grafico riportato in Figura 4 mostra la V<sub>e</sub> e la BF dei due soggetti (soggetto M: pallini e linea nera; soggetto A: rombi e linea nera) durante il test incrementale senza *m* e durante il test incrementale condotto indossando (soggetto M: pallini e linea rossa; soggetto A: rombi e linea rossa). Il soggetto M ha condotto anche un test con *m*<sub>CH</sub> (pallini e linea azzurra).

Sono riportati anche i valori di BF (quadrati neri (senza  $m$ ), azzurri ( $m_{CH}$ ) e rossi ( $m_{FP2}$ ) per il soggetto M e triangolini neri (senza  $m$ ) e rossi ( $m_{FP2}$ ) per il soggetto A).

In corrispondenza di AT (e in genere durante l'intero test), i due soggetti mantengono, a parità di watt, valori di  $V_e$  e BF diversi. L'utilizzo della  $m_{CH}$  e della  $m_{FP2}$  non determina alcuna variazione di  $V_e$  sia per il soggetto M sia per il soggetto A. Però, pur mantenendo la  $V_e$  costante il soggetto A varia il pattern ventilatorio, riducendo BF (da 24 a 17 atti/min) quindi aumentando il  $V_t$  (da 2.09 a 2.89 l).

In corrispondenza del  $W_{MAX}$ , l'utilizzo della  $m_{FP2}$  determina una lieve riduzione di  $V_e$  per il soggetto A e una drastica riduzione di  $V_e$  per il soggetto M che non è in grado di incrementare la  $V_e$  oltre a  $90 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Poiché la BF rimane costante ( $42\text{-}45 \text{ atti}\cdot\text{mi}^{-1}$ ), ciò significa che il calo della  $V_e$  in corrispondenza di  $W_{MAX}$  sia dovuto alla incapacità del soggetto M di mantenere un elevato valore di  $V_t$ , che infatti cala da 2.7 a circa 2.0 l a causa dell'utilizzo di  $m_{CH}$  e  $m_{FP2}$ . Analoghi risultati sono stati ottenuti da Fikenzler et. al.

### CONCLUSIONI

Alla luce dei dati preliminari raccolti, sembra possibile affermare che l'utilizzo di  $m_{CH}$  e  $m_{FP2}$  durante l'esercizio a bassa e moderata intensità, non determini importanti modificazioni degli scambi gassosi polmonari e non modifichi i parametri ventilatori. Per intensità di esercizio prossime alla massima, può esserci una riduzione della  $V_e$ .

Alla luce di quanto detto, non sembra controindicato l'utilizzo di  $m_{CH}$  e  $m_{FP2}$  per l'esecuzione di test diagnostici in ambiente ambulatoriale/ospedaliero quando questi vengano eseguiti su pz "sani". Ulteriori dati debbono essere raccolti per verificare l'effetto di  $m_{CH}$  e  $m_{FP2}$  sugli scambi gassosi in pz con pregresse limitazioni respiratorie.