

呼吸防護具生理與醫學評估實務

臺大醫院新竹分院 陳啟信醫師

粒狀 與 氣狀有害物的呼吸防護



過濾面體式口罩



防塵面(口)罩(面體與濾材分離)

立即致危濃度或缺氧環境使用之呼吸防護具



全面體壓力需求型自攜式呼吸防護具
Self-Contained Breathing Apparatus, SCBA



組合式全面體壓力需求型輸氣管式
呼吸防護具搭配輔助自備空氣源

動力式 或 供氣式



▲ 動力淨氣式呼吸防護具 (PAPR) 搭配頭盔



▲ 供氣式呼吸防護具 (SAR) 搭配頭盔

呼吸防護具 的 防護係數 (APF)

1. 計算危害比 (HR)

:

HR = 有害物濃度 / 容許暴露濃度。

2. 確認指定防護係數 (APF) :

依據 HR 值選擇具有適當指定防護係數之防護具，指定防護係數建議值必須大於 HR。

白話文：

戴了這種呼吸防護具後，有害物暴露可以降低幾倍。



Half mask/Dust mask
APF=10
Needs to be fit tested



Half mask (Elastomeric)
APF=10
Needs to be fit tested



Full facepiece (Elastomeric)
APF=50
Needs to be fit tested



Loose-Fitting Powered Air-Purifying Respirator (PAPR)
APF= 25



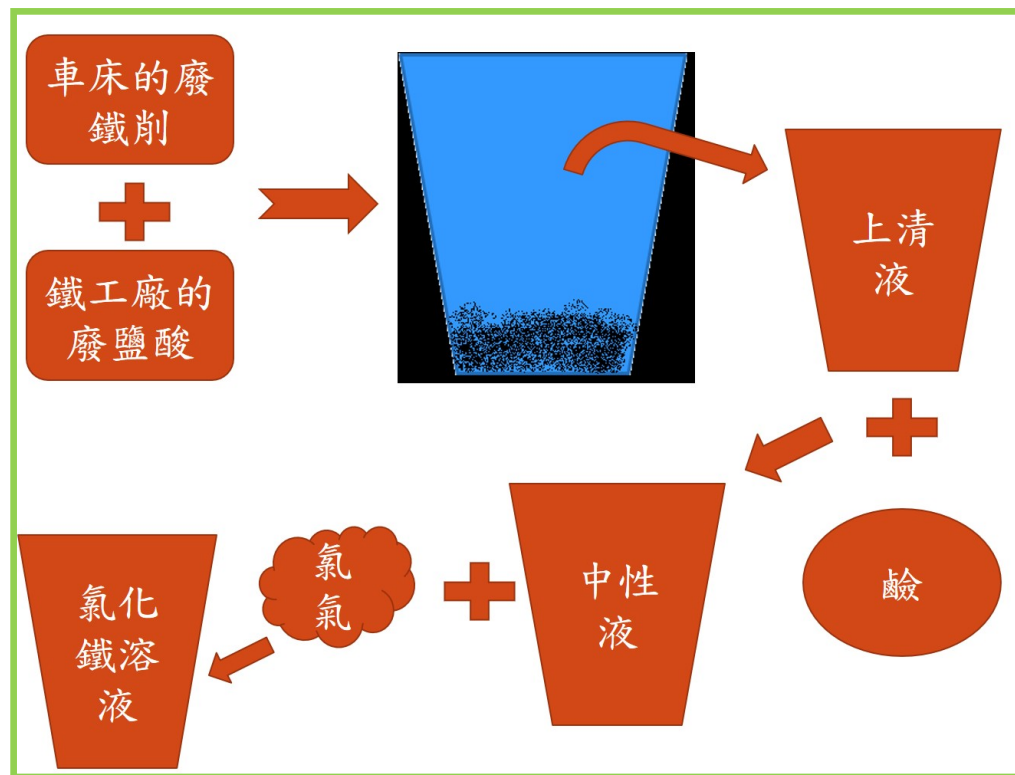
Hood Powered Air-Purifying Respirator (PAPR)
APF= 25



Full Facepiece Self Contained Breathing Apparatus (SCBA)
APF = 10,000

急性肺損傷個案

- 57 歲男性
- 氯化鐵工廠工人 20 年
- 不抽菸、不喝酒、無特殊疾病史



9/22

8:30 攜帶全罩式防毒面具至現場，疑似吸入氯氣

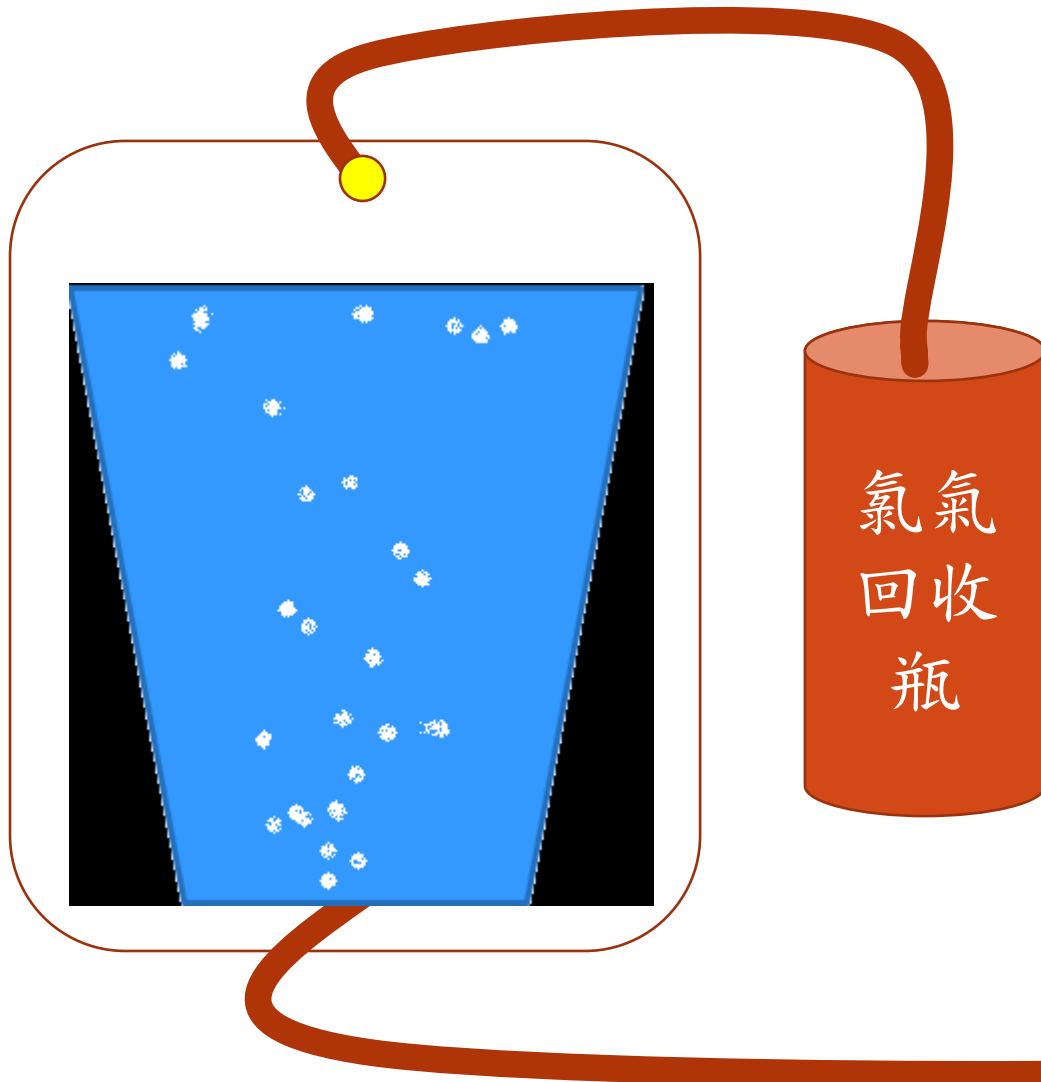
9:00 胸悶不適

9:30 意識恍惚、送醫

11:00 插管、呼吸器



20:30 ECMO



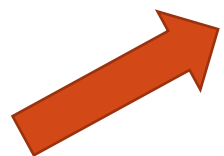
緊急洩漏狀況，應該使用 SCBA，非全面體瀘毒罐呼吸防護具。可以見得使用正確的呼吸防護具的重要性。



瞭解暴露危害



醫師生理功能評估



我需要使用
什麼樣的呼
吸防護具呢
?

安全資料表

告訴您很多資訊：毒性危害、致命性、暴露標準規範

KTM-25
SDS-0152
全5頁: 1/5

一、化學品與廠商資料

化學品名稱：顯影液 KTM-25

其他名稱：(TMAH 25%), (CH₃)₄NOH (Tetramethyl ammonium Hydroxide)

建議用途及限制使用：半導體與 TFT-LCD 顯像製程

製造者、輸入者或供應者名稱、地址及電話：多聯科技股份有限公司、新竹縣湖口鄉新竹工業區仁政路 12 號、
(03)597-8238

緊急聯絡電話/傳真電話：(03)597-8238 (03)597-8215

二、危害辨識資料

化學品危害分類：急毒性物質第 1 級（皮膚）、金屬腐蝕物第 1 級、腐蝕/刺激皮膚物質第 1B 級、嚴重損傷/刺激眼睛物質第 1 級、特定標的器官系統毒性物質-單一暴露第 1 級

標示內容：

象徵符號：骷髏與兩根交叉骨、腐蝕、健康危害

警示語：危險

危害警告訊息：

皮膚接觸致命

可能腐蝕金屬

造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷

造成嚴重眼睛損傷

會對器官造成傷害(神經毒性-副交感神經作用)



危害防範措施：

吸入危害：吸入鹼性蒸氣導致上呼吸道水腫、呼吸停止、氣喘、肺水腫、氣胸，且有潛在之致命危險。

攝食危害：鹼性腐蝕消化系統導致唇、舌、口腔、上呼吸道、食道及胃的灼傷，且有潛在之致命危險。

皮膚接觸危害：1.皮膚接觸吸收，造成皮膚灼傷，並造成體內神經系統傷害。

2.長期暴露於高濃度之密閉空間內，會造成皮膚炎、角膜染色及混濁等。

3.接觸面積超過半身以上時，可能導致死亡。

生理醫學評估：四個階段

- 第一為使用健康問卷篩檢出潛在具有健康風險者
 - 大部分受評者，於此階段即可完成
- 第二為醫師訪談評估問診身體症狀、理學檢查
- 第三為進一步至醫療機構安排檢查，釐清疾病診斷與身體功能
 - 當體力負荷量較大的工作、使用身體負荷較大的自攜式壓縮空氣呼吸器 (SCBA)、年齡較高 (大於 50 歲、或大於 45 歲但從事高強度負荷工作)、或於第一階段評估時陳述有疾病、症狀或使用後有不適經驗者。
- 第四為追蹤呼吸防護具使用後之生理適應性
 - 作業風險或體力負荷程度較高者，可縮短於追蹤的時程。

外國經驗

- 美國過去判定比例的經驗：
 - 被判定無法使用呼吸防護具：
0.2% (主要為幽閉恐懼症)
 - 被判定使用呼吸防護具時需有工作限制條件：
1.1% (主要為心肺疾病)

主要考量

- 需要了解工作環境與體力需求。
- 針對使用者整體身心功能與狀況進行能力評估，疾病診斷則做為參考。
- 疾病 → 功能與症狀，例如：
 - 高血壓 → 目前控制如何？
 - 氣喘或肺部疾病 → 目前咳、痰、喘狀況如何？
 - 心臟血管病 → 目前控制狀況與症狀如何？
- 功能與症狀 → 疾病，例如：
 - 咳、痰、喘 → 診斷為何？預後如何？
 - 胸悶胸痛 → 診斷為何？預後如何？
 - 恐慌 → 診斷為何？預後如何？

呼吸防護具對於人體的影響

- 吸氣阻力：
- 負壓式呼吸防護具，增加吸氣阻力 (約 3~5cmH₂O)，增加吐氣阻力 (約 2~3cmH₂O)，大約增加呼吸肌耗氧量 3~6%，稍微下降最大攝氧量與最大工作負荷量 (約 10%)。
- 吸氣阻力 (主要) 與吐氣阻力的共同作用，造成吸氣時間延長，潮氣容積上升，呼吸速率下降，與整體換氣量下降。
- 對於心血管影響可以忽略。

>> 從事工作時，不會有明顯呼吸加速，則呼吸防護具對於呼吸的影響不大。

>> 反覆氣胸者，考量劇烈呼吸或憋氣，產生 Auto-PEEP。

>> 重度肺功能損失者，需額外考量。

外加呼吸阻力於輕度至中度阻塞性換氣功能障礙患者之影響

正常對照 20 人，輕度阻塞 19 人，中度阻塞 10 人

給予兩種呼吸阻力：

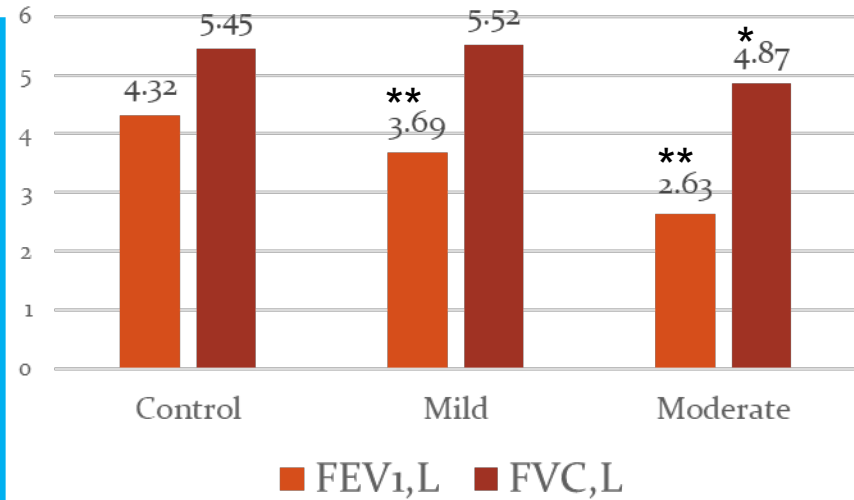
R1=3.5 cm H₂O/L/s 吸氣阻力 and 1.5 cm H₂O/L/s 吐氣阻力。

R2=5 cm H₂O/L/s 吸氣阻力 and 1.5 cm H₂O/L/s 吐氣阻力。

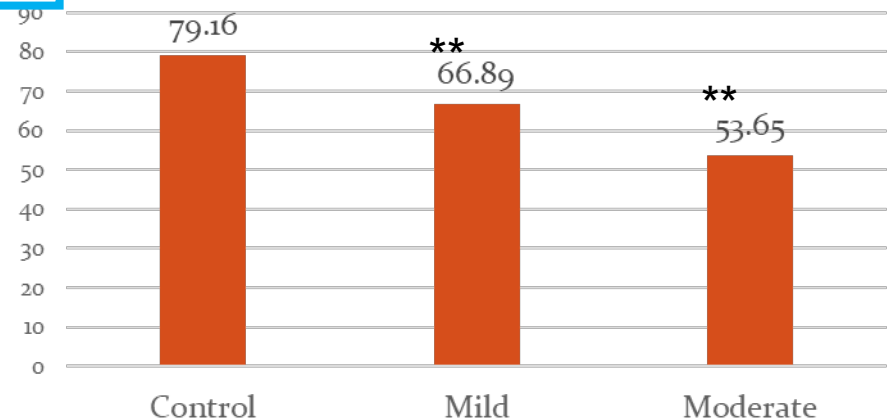
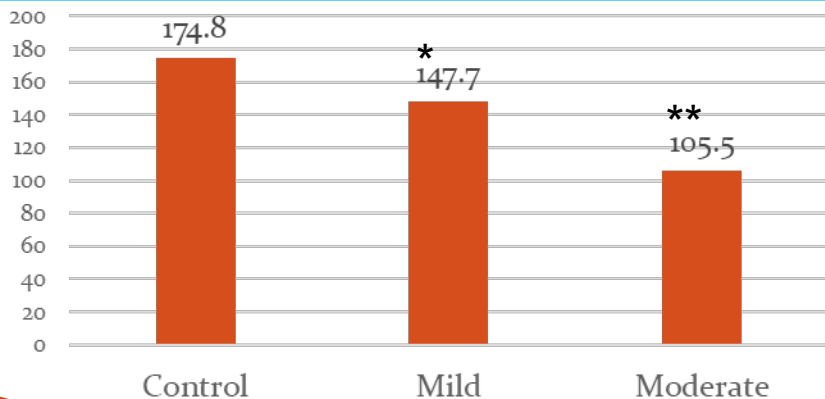
無阻力 R0、R1、R2 下，運動 VO₂ = 1.5 L/min

觀察 RR、VT (L)、VE

(L/min)、PETCO₂、HR



FEV₁/FVC%



*p<0.05; **p<0.01

Control

	RR	VT	VE	PETCO2	HR
R0	22.5	1.89	37.58	39.07	123.7
R1	18.25**	1.97*	34.24**	41.45**	123.1
R2	17.35**	2.1*	34.49**	41.8**	124.2

Mild

	RR	VT	VE	PETCO2	HR
R0	21	1.82	37.72	38.84	119.3
R1	18.32**	1.93*	34.92*	38.2	118.5
R2	17.16**	1.97*	33.38**	40.86**	120.9

Moderate

	RR	VT	VE	PETCO2	HR
R0	25.13	1.58	37.3	41.07	125
R1	22.13**	1.71	34.73**	41.25	128.3
R2	23.5	1.7	35.17**	41.44	125.3

呼吸防護具外加呼吸阻力的影響

- 吸氣時間拉長，呼吸速度變慢
- 潮氣容積上升，但整體換氣量下降 (約 10%)
- 心跳沒有影響。
- 輕度與中度阻塞性換氣障礙者，沒有較正常人有額外的影響。

呼吸防護具對於人體的影響

- 荷重：
 - SCBA 裝置的重量約為 15 公斤，配戴 SCBA 活動時會增加 20% 的心跳數，亦會下降約 20% 的最大活動能力。
 - 本身就有椎間盤突出或肌肉骨骼疾病患者造成疾病症狀加劇的風險。
 - 使用者於穿越狹窄作業空間時，可能造成行動受阻，或變得不靈活。
 - 一般而言，以 40% 最大運動能力的活動量，可以持續較長時間與較為舒適狀態下工作。可以年齡估算最大心跳率的 60~80% 或 60% 最大運動能力，完成短時間內的工作內容。
- >> 使用 SCBA 時，將體能達成度降一級（例如：原本可達強度體能負荷，則使用 SCBA 時可勝任中度）。
- >> 明顯心肺疾病與肌肉骨骼疾病需要額外考量。

活動強度與生理需求對照表

評估受評者體能狀況是否足以勝任工作內容。

	耗氧量			換氣量		活動需求	
	L/min	mL/kg/min	METs	L/min	爾偶	經常	持續
輕度 (light)	~0.5	5~7	1~2	6~15	4.5 kg		
中度 (moderate)	0.5~1.0	15	2~4	15~25	9 kg	4.5 kg 或 站或走操作控制	坐姿操作控制
重度 (heavy)	1.0~1.5	20~30	4~6	25~40	9~22.7 kg	4.5~11.4 kg	4.5 kg
非常重度 (very heavy)	1.5~2.0	>=30	6~8	40~60	22.7~45.4 kg	11.4~22.7 kg	4.5~9 kg
極重度 (extremely heavy)	2.0~3.0		8~12	60~90	>45.4 kg	>22.7 kg	> 9 kg
筋疲力竭 (exhaustive)	>3.0		12~15	90~120			

一個MET = 3.5 mL/kg/min VO₂

操作控制包括用手堆拉動作或用腳踩踏控制

參考修改自Wilson, JR et al 1989 與 U.S. Department of Labor Physical Demand Characteristics of Work

過去國際上研究顯示火災現場使用 SCBA，需要的體能負荷為最大耗氧量超過 2.0L/min，因而建議消防人員之最低體能要求為最大攝氧量超過 2.8~3.0L/min。

一般事業單位的緊急應變人員，使用 SCBA 的情境所需要的體能負荷可能明顯低於消防人員，但因為背負沉重的呼吸器活動已屬於中度負荷，因此需要考量受評者最大耗氧量之 40%~60%，是否仍高於從事緊急應變之相關工作所需的負荷量。

Physical demand level	Occasional (0-33% of the workday)	Frequent (34-66% of the workday)	Constant (67-100% of the workday)	Typical energy required
Sedentary	10 lbs(4.5 kgs)	negligible	negligible	1.5-2.1 METs
Light	20 lbs(9.0 kgs)	10 lbs and/or walk and/or stand with operation of controls	negligible and/or operate controls while seated	2.2-3.5 METs
Medium	25-50 lbs (9-22.7 kgs)	10-25 lbs (4.5-11.4 kgs)	10 lbs (4.5 kgs)	3.6-6.3 METs
Heavy	50-100 lbs (22.7-45.4 kgs)	25-50 lbs (11.4-22.7 kgs)	10-20lbs (4.5-9.0 kgs)	6.4-7.5 METs
Very heavy	>100 lbs (>45.4 kgs)	>50 lbs (>22.7 kgs)	>20 lbs (>9 kgs)	>7.5 METs

U.S. Department of Labor Physical Demand Characteristics of Work

平地行走

mph	m/s	METs	6MWD
1	0.45		162
2	0.89	2	320
2.5	1.12	3	403
3.2	1.43	3.5	515
3.5	1.56	4.3	562
4	1.79	5	644
4.5	2.01	7	724
5	2.24	8.3	806

走樓梯

	METs
走下樓梯	3.5
緩慢走上樓梯	4
拿取 0.5~6.8 公斤上樓梯	5
拿取 7.3~10.9 公斤上樓梯	6
拿取 11.3~22.2 公斤上樓梯	8
拿取 22.7~33.6 公斤上樓梯	10
拿取大於 33.6 公斤上樓梯	12

跑步

mph	m/s	100 公尺秒數	1 公里分鐘數	METs
4	1.79	56	9.3	6
5	2.24	45	7.4	8.3
5.2	2.32	43	7.2	9
6	2.68	37	6.2	9.8
6.7	3	33	5.6	10.5
7	3.13	32	5.3	11
7.5	3.35	30	5	11.5
8	3.58	28	4.7	11.8
8.6	3.84	26	4.3	12.3
9	4.02	25	4.1	12.8
10	4.47	22	3.7	14.5
11	4.92	20	3.4	16

腳踏車

mph	1 公里分鐘數	METs
5.5	17.6	3.5
9.4	10.3	5.8
11	8.8	6.8
13	7.4	8
15	6.4	10
17	5.7	12

運動

	METs
桌球	4
高爾夫球(走路拿竿)	4.3
籃球(射籃)	4.5
網球(雙打)	4.5
網球(非比賽拉球)	5
羽毛球(一般社交單雙打)	5.5
籃球(一般)	6
壁球(一般)	7
羽毛球(競賽)	7
足球(一般)	7
籃球(比賽)	8
沙灘排球	8
足球(競賽)	8~10
網球(單打)	8
跑馬拉松	13.3

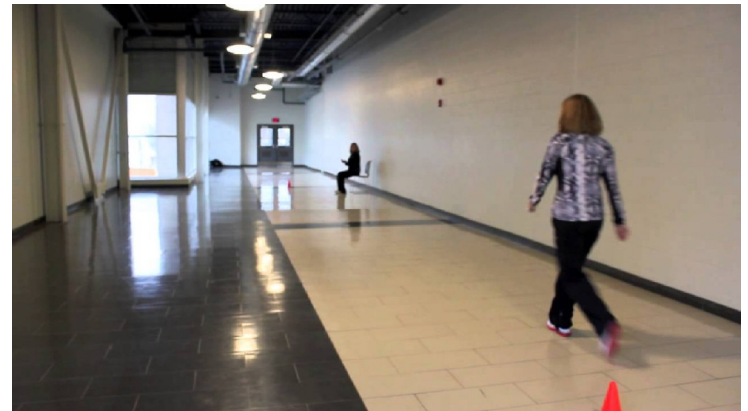
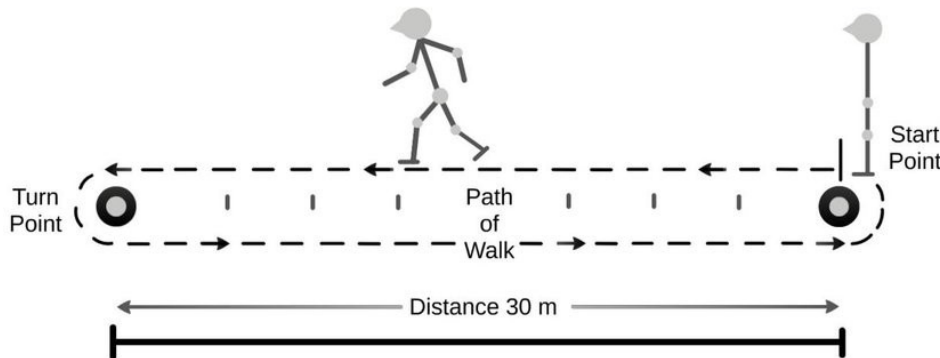
所觀察到的活動能力
<= 實際能夠達到的最大
能活動能力 (VO₂max)

如果，所觀察到的活動能力，未能符合最低作業體力需求，則可藉由過去執行經驗 或 安排運動測試來進行適任性評估。

六分鐘行走測試之耗氧量計算

$$\dot{V}O_{2\text{peak}} = \dot{V}O_2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = (0.02 \times \text{distance [m]}) - (0.191 \times \text{age [yr]}) - (0.07 \times \text{weight [kg]}) + (0.09 \times \text{height [cm]}) + (0.26 \times \text{RPP} [\times 10^{-3}]) + 2.45$$

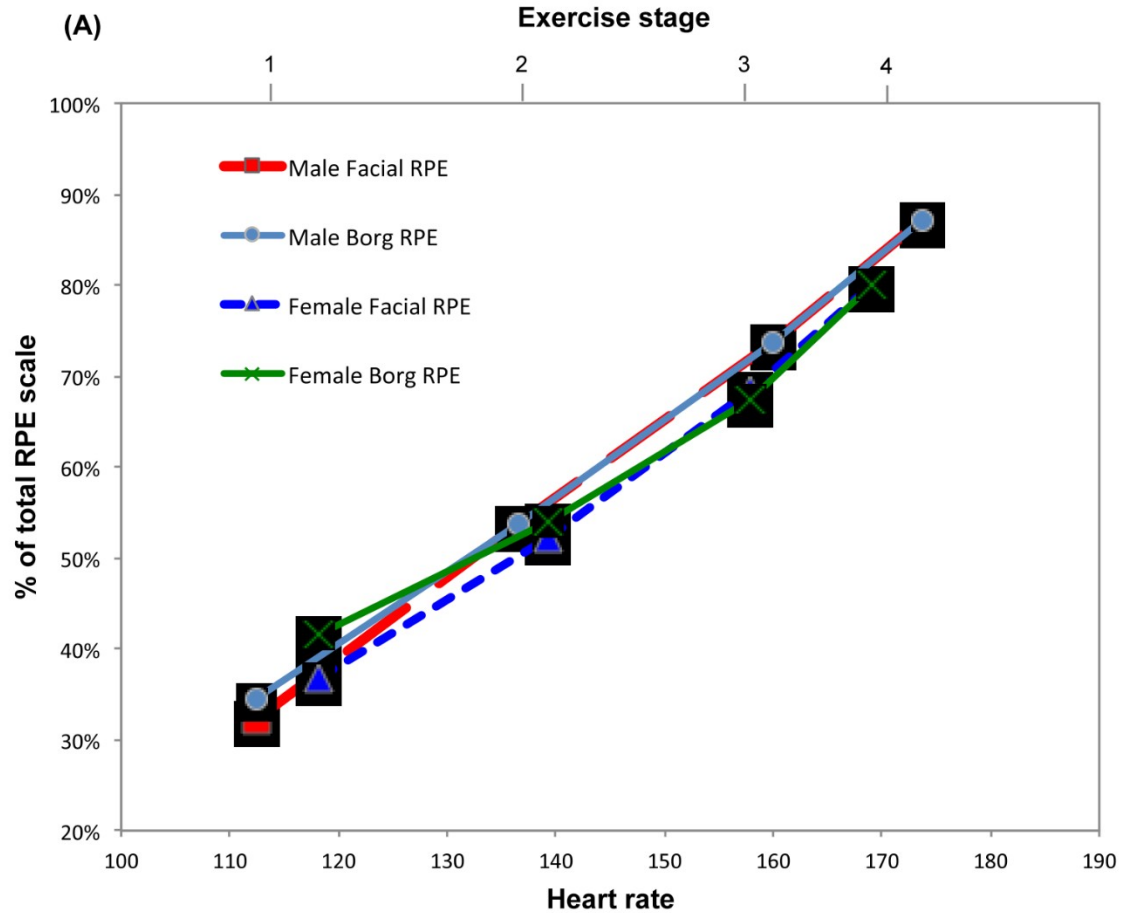
where m = distance in meters; yr = year; kg = kilogram; cm = centimeter; RPP = rate-pressure product (HR \times SBP in mm Hg); SEE = 2.68 mL \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹



$V_{O2\text{peak}}$ ，只代表行走過程所觀察到最高的耗氧量，並非估算個人最大耗氧量 ($V_{O2\text{max}}$)。

Borg scales

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	-
7	Very Hard
8	-
9	-
10	Maximal



(Wen Ko Chiou et al 2015 Psychology)

三分鐘登階測試之最大耗氧量估算



The Queens College Step Test (also called the McArdle Step Test) requires participants to step at a rate of $24 \text{ steps} \cdot \text{min}^{-1}$ for men and $22 \text{ steps} \cdot \text{min}^{-1}$ for women for 3 min. The bench height is 16.25 in (41.25 cm). After stepping is completed, the subject remains standing. Wait 5 s, take a 15-s HR count, and multiply the HR by 4 to convert to $\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}$. $\dot{V}O_{2\text{max}}$ is calculated using the formulas below (76):

For men:

$$\dot{V}O_{2\text{max}} (\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 111.33 - (0.42 \times \text{HR})$$

For women:

$$\dot{V}O_{2\text{max}} (\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 65.81 - (0.1847 \times \text{HR})$$

where HR = heart rate ($\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}$)



Article

Validation of Submaximal Step Tests and the 6-Min Walk Test for Predicting Maximal Oxygen Consumption in Young and Healthy Participants

韓國人

3MST20 : 3 分鐘登階，台階高度 20 公分，節拍器頻率 96/min
◦ 3MST30 : 3 分鐘登階，台階高度 30 公分，節拍器頻率 96/min
◦ Realtime 紀錄心跳脈搏，3 分鐘到可坐下。
HRR30s : 坐下後 30 秒，心跳速度。

$$3MST_{20}: VO_{2max} = 86.0 - 10.9 \times sex \text{ (male = 1, female = 2)} - 0.4 \times age - 0.1 \times weight - 0.1 \times HRR_{30s}$$

$$3MST_{30}: VO_{2max} = 84.5 - 10.2 \times sex \text{ (male = 1, female = 2)} - 0.4 \times age - 0.1 \times weight - 0.1 \times HRR_{30s}$$

$$6MWT: VO_{2max} = 61.1 - 11.1 \times sex \text{ (male = 1, female = 2)} - 0.4 \times age - 0.2 \times weight + 0.2 \times (distance \text{ walked} \cdot 10^{-1})$$

心肺運動測試的禁忌症

Absolute Contraindications

- Acute myocardial infarction within 2 d
- Ongoing unstable angina
- Uncontrolled cardiac arrhythmia with hemodynamic compromise
- Active endocarditis
- Symptomatic severe aortic stenosis
- Decompensated heart failure
- Acute pulmonary embolism, pulmonary infarction, or deep venous thrombosis
- Acute myocarditis or pericarditis
- Acute aortic dissection
- Physical disability that precludes safe and adequate testing

Relative Contraindications

- Known obstructive left main coronary artery stenosis
- Moderate to severe aortic stenosis with uncertain relationship to symptoms
- Tachyarrhythmias with uncontrolled ventricular rates
- Acquired advanced or complete heart block
- Recent stroke or transient ischemia attack
- Mental impairment with limited ability to cooperate
- Resting hypertension with systolic >200 mm Hg or diastolic >110 mm Hg
- Uncorrected medical conditions, such as significant anemia, important electrolyte imbalance, and hyperthyroidism

Absolute contraindications to cardiopulmonary exercise testing include: [1]

- Active myocardial ischemia (unstable angina, myocardial infarction within 30 days)
- Acute heart failure exacerbation
- Exercise-induced syncope
- Uncontrolled arrhythmias
- Severe aortic stenosis
- Acute endocarditis, myocarditis, pericarditis
- Acute aortic dissection
- Acute pulmonary embolism or lower extremity venous thromboembolism
- Active COPD exacerbation or uncontrolled asthma
- Pulmonary edema
- Suspected dissecting aortic aneurysm

Relative contraindications include: [1]

- Severe pulmonary hypertension
- Left main coronary artery stenosis
- Moderate stenotic valvular disease
- Severe hypertension (SBP > 200 mmHg, DBP > 120 mmHg)
- Hypertrophic cardiomyopathy
- High-degree atrioventricular block
- Severe electrolyte abnormalities
- Tachy- or brady-arrhythmias
- Advanced or complicated pregnancy
- Implanted cardiac defibrillator that cannot be interrogated or temporarily reset due to inaccessibility of an individual qualified to do this (e.g., device manufacturer representative).

心肺運動測試的禁忌症

例案一：

38 歲男性， BMI 22 ， 無慢性病史， 健檢時無呼吸道症狀， 健檢時肺功能為中度侷限性換氣功能障礙 (FVC 58% of predicted, FEV1 60% of predicted, FEV1/FVC 0.92) 。 需要評估可否擔任緊急應變人員， 您會如何進行下一步呢？ 。

問題 1

請問接下來您會如何進行？

1. 直接判定不適合擔任
2. 安排訪談
3. 安排肺功能複檢
4. 安排運動功能測試

例案一：

38 歲男性， BMI 22 ，無慢性病史，健檢時無呼吸道症狀，健檢時肺功能為中度侷限性換氣功能障礙 (FVC 58% of predicted, FEV1 60% of predicted, FEV1/FVC 0.92) 。
需要評估可否擔任緊急應變人員。請問接下來會如何進行？

電話訪談

自述不會吹肺功能。

前一個月跑完超級馬拉松 100 公里。

沒有任何呼吸道症狀。

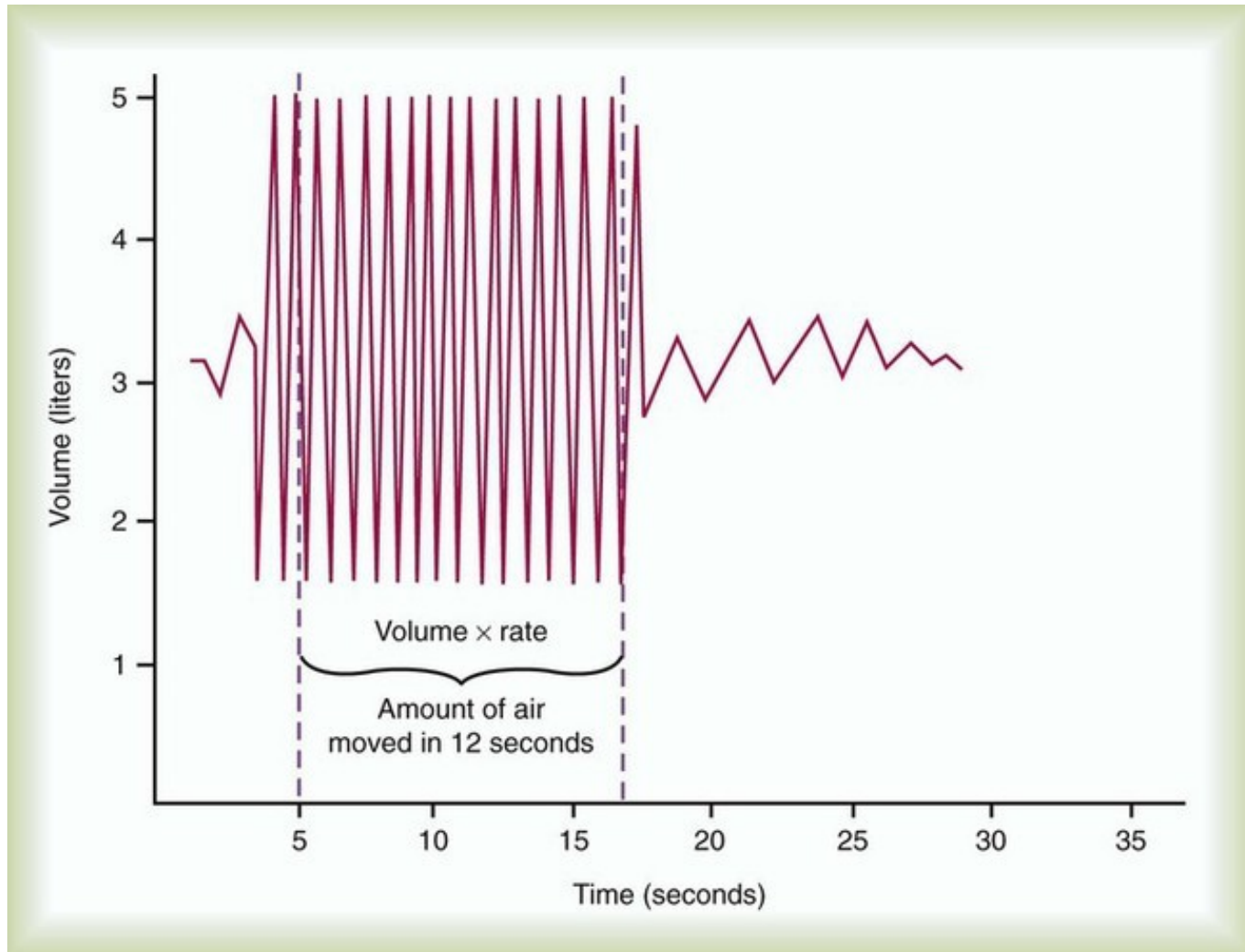
我的意見：可以使用 SCBA 從事緊急應變作業。

肺功能檢測

- 肺功能檢測主要參數包括用力吐氣肺活量 (FVC) 與第一秒吐氣量 (FEV1)，可用以輔助評估肺部疾病。
- 目前沒有一個固定的肺功能數值可用來確定是否可以使用呼吸防護具。對於重度負荷的工作內容，可以藉由肺活量估算受評者最大換氣量 (MVV，或 $FEV1 * 35 \sim 40$) 與可能的最大的運動耐受量。
- 肺功能檢測於某些情況下有其重要性，例如
 - (1) 針對需使用 SCBA 且從事高強度體力負荷作業者，如年齡大於 45 歲或於問卷篩檢中陳述有呼吸道症狀或疾病；
 - (2) 年齡大於 55 歲；
 - (3) 從事計畫配戴呼吸防護具操作的工作內容會產生呼吸道症狀者。

換氣能力：

最大自動換氣 (maximal voluntary ventilation: MVV)

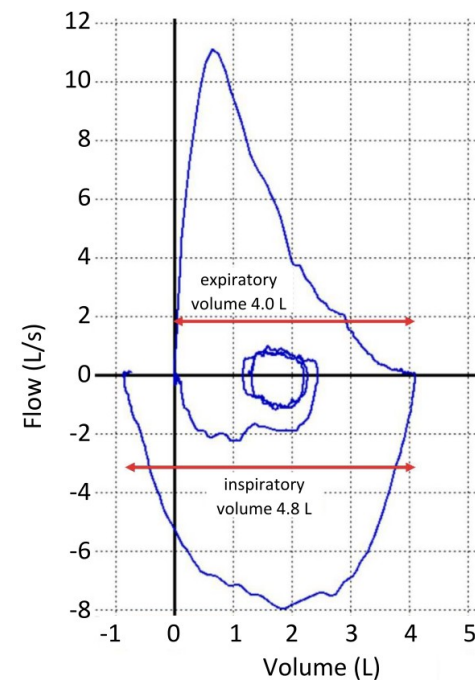
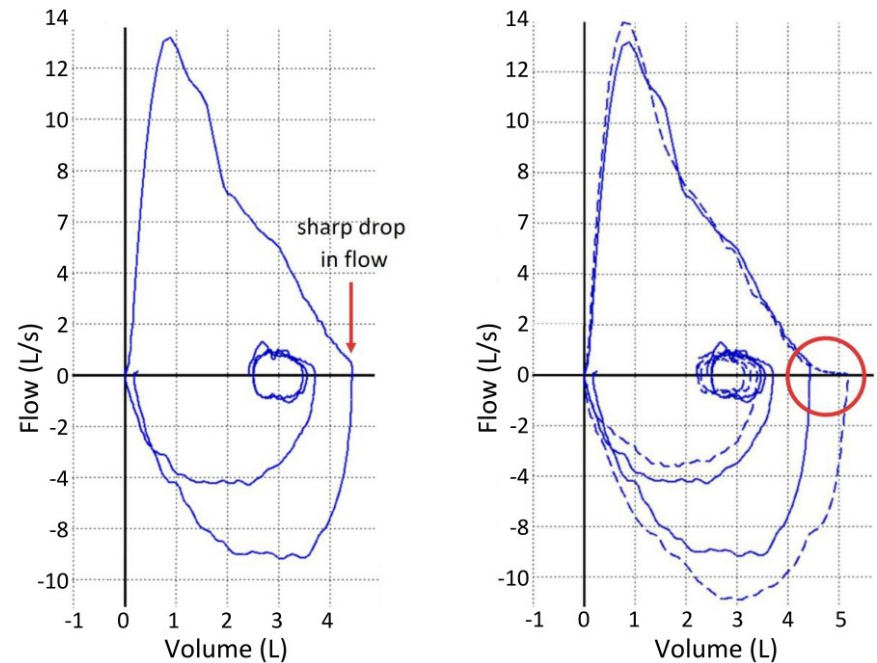


肺功能檢測

看圖形很重要（快速上升的氣流、平順的曲線、平緩的結尾）

標準檢測（至少吹出三口
上述好的曲線，最好的兩口肺功能差距小於 150ml）

比較歷年的肺功能，與比對呼吸及活動能力狀況也可重要。



例案二：

32 歲男性， BMI 21 ， 無慢性病史， 半年前呼吸防護具醫療評估問卷提到快速行走時會有呼吸喘的現象， 有肺炎病史。 需評估可否擔任緊急應變人員。

電話訪談

半年前因為流感併發肺炎， 有 1~2 個月會咳與喘， 後來逐漸改善。 目前有在跑操場 (200 公尺)10 圈健身， 約不到 20 分鐘可以跑完。

問題 1：請問您會給予該員如何判定？

1. 適任
2. 適任，但須調整工作內容
3. 需要更多資訊評估
4. 不適任

問題 2：如您於問題一填選 3. 需要更多資訊，請簡述？

例案二：

32 歲男性，BMI 21，無慢性病史，半年前呼吸防護具醫療評估問卷提到快速行走時會有呼吸喘的現象，有肺炎病史。請問可否擔任緊急應變人員？

電話訪談

半年前因為流感併發肺炎，有 1~2 個月會咳與喘，後來逐漸改善。目前有在跑操場 (200 公尺) 10 圈健身，約不到 20 分鐘可以跑完。

>>2 公里不到 20 分鐘跑完，體能達約 6~7METs。

我的意見：可以使用 SCBA，使用 SCBA 下可從事中度負荷作業。

Physical demand level	Occasional (0-33% of the workday)	Frequent (34-66% of the workday)	Constant (67-100% of the workday)	Typical energy required
Sedentary	10 lbs(4.5 kgs)	negligible	negligible	1.5-2.1 METs
Light	20 lbs(9.0 kgs)	10 lbs and/or walk and/or stand with operation of controls	negligible and/or operate controls while seated	2.2-3.5 METs
Medium	25-50 lbs (9-22.7 kgs)	10-25 lbs (4.5-11.4 kgs)	10 lbs (4.5 kgs)	3.6-6.3 METs
Heavy	50-100 lbs (22.7-45.4 kgs)	25-50 lbs (11.4-22.7 kgs)	10-20lbs (4.5-9.0 kgs)	6.4-7.5 METs
Very heavy	>100 lbs (>45.4 kgs)	>50 lbs (>22.7 kgs)	>20 lbs (>9 kgs)	>7.5 METs

例案三：

45 歲男性， BMI 31 ， 高血壓 (藥物 Valsartan 160mg QD 控制於 140/90 以下) ， 糖尿病 (HbA1c 7.5%) ， 六分鐘行走測試 430 公尺， 行走後 Borg scale(0~10) rating 2 = Easy ， BP 120/78 ， PR 105 。 可以拿筆電走上樓三樓樓梯， 稍喘， 無胸悶。 需評估可否擔任緊急應變人員。

6MWD 430m --> METs 3~3.5 ， 但行走後僅達最大心跳之 60% ， 且 Borg scale =2 ， 可能代表未盡力行走。

輕度負重爬樓梯 --> METs 5 。

經詢問主管，

緊急應變業務為平面行走檢視機台問題。

問題 1：請問您會給予該員如何判定？

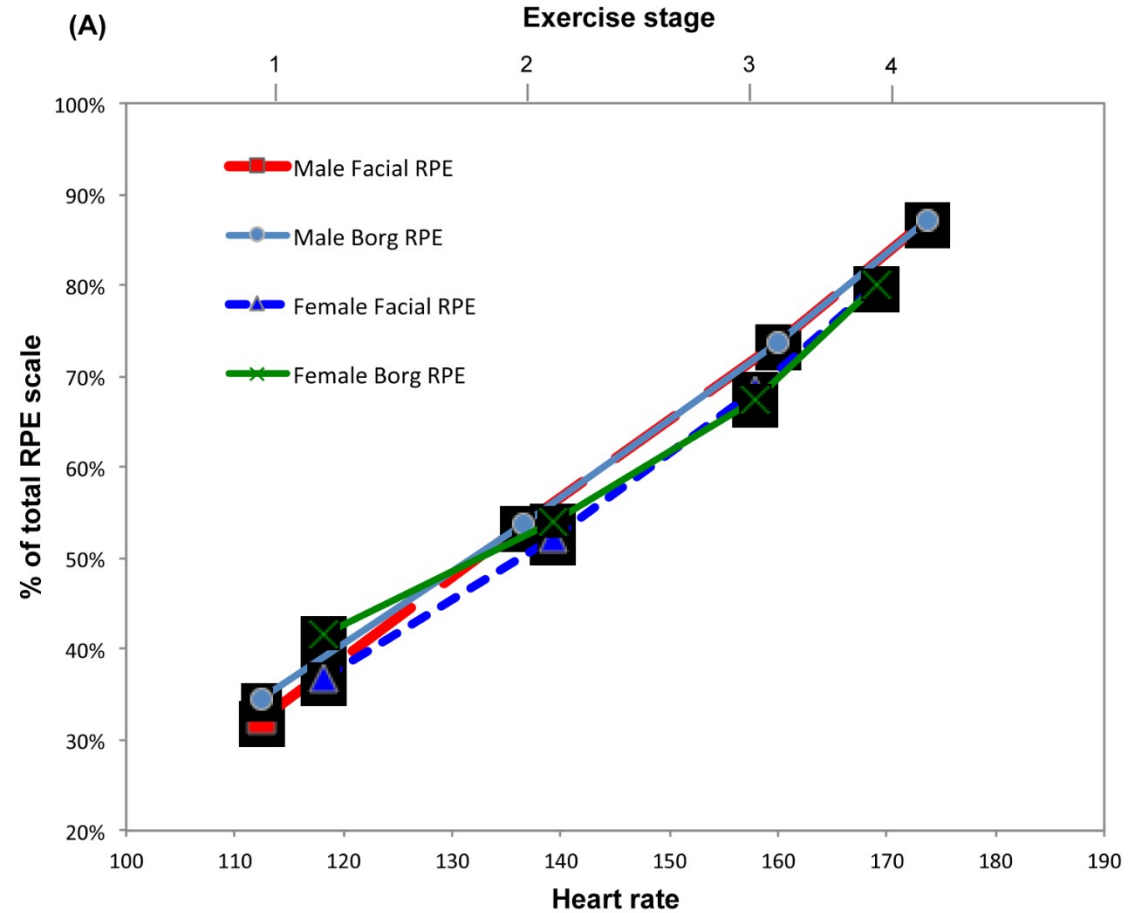
問題 2：如您於問題一填選 3. 需要更多資訊請簡述？

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	-
7	Very Hard
8	-
9	-
10	Maximal

Borg scale

Borg scales

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	-
7	Very Hard
8	-
9	-
10	Maximal



Borg scale 與心跳數 可以做為個案接受運動測試 有無盡力，或進多少力的一個概略評估。

例案三：

45 歲男性，BMI 31，高血壓 (藥物 Valsartan 160mg QD 控制於 140/90 以下)，糖尿病 (HbA1c 7.5%)，六分鐘行走測試 430 公尺，行走後 Borg scale(0~10) rating 2 = Easy，BP 120/78，PR 105。可以拿筆電走上樓三樓樓梯，稍喘，無胸悶。需評估可否擔任緊急應變人員。

6MWD 430m --> METs 3~3.5，但行走後僅達最大心跳之 60%，且 Borg scale =2，可能代表未盡力行走。

輕度負重爬樓梯 --> METs 5。

經詢問主管，

緊急應變業務為平面行走檢視機台問題。

>> 活動能力達 5 METs 為中度， $5 \text{ met} * 0.8 * 0.6 = 2.4 \text{ met}$ (輕度)，所以降一階，可從事輕度作業。

我的意見：可以使用 SCBA，使用 SCBA 下可從事輕度負荷作業。

需要事先了解
工作負荷，與
其他可能影響
心肺功能與呼
吸防護具使用
的作業狀況。

1. 工作負荷

- 輕度至中度工作 (<200 仟卡 / 小時 ; 2-3 METs [代謝當量]) :
持續性坐姿作業、長時間站立或平地無負重行走 (速度小於 4.5 公里 / 小時)、經常搬抬 4.5 公斤以下物件。
平均持續時間 : _____ 小時 _____ 分鐘。
 - 中度至重度工作 (200-350 仟卡 / 小時 ; 4-5 METs) :
經常搬抬 4.5 公斤以上物件、偶爾搬抬 9~23 公斤物件。
平均持續時間 : _____ 小時 _____ 分鐘。
 - 重度以上工作 (>350 仟卡 / 小時 ; 5-10 METs) :
經常攜帶 11.4 公斤以上物件行走或站立、救災及緊急應變。
平均持續時間 : _____ 小時 _____ 分鐘。
- 偶爾 : 小於三分之一的工作時間 ; 經常 : 約三分之二工作時間 ;
持續 : 大於三分之二工作時間。

2. 工作環境

- 高溫環境 : 綜合溫度熱指數 (WBGT) _____
- 高氣溫戶外作業 (HI) _____
- 極低溫環境 : 環境溫度 : _____
- 潮濕環境
- 高海拔 (超過 1500 公尺) 或低於正常含氧量環境
- 其他 : _____ 環境
- 上述環境下戴用防護具之工作時間及工作情形 : _____

案例四：

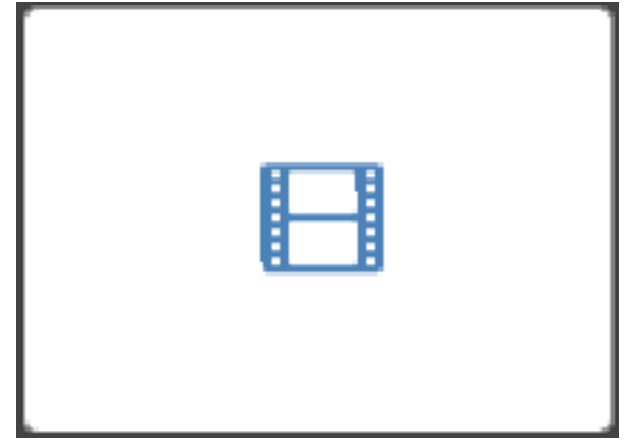
59 歲男性，打石工人 25 年，沒抽菸

。

長期咳嗽、咳血、喘。

呼吸防護具：自述工作時戴不住。

工作：手持破碎機（約 15 公斤），用力鑽鑿連續壁。



Pre-bronchodilator

FVC 2.53L, 73% of predicted

FEV1 1.56L, 55% of predicted

FEV1/FVC 0.62

Post bronchodilator

FVC 2.59L, 74% of predicted

FEV1 1.67L, 59% of predicted

FEV1/FVC 0.65



案例四，問題 1：

請問案例四可否使用負壓式呼吸防護具？

1. 不可以使用
2. 可以使用，但從事輕度作業
3. 建議使用 PAPR
4. 需要其他評估資料

案例四，問題 2：

如果於問題 1 您選擇 4. 需要其他評估資料，請您簡述需要甚麼進一步的評估？

換氣量的考量

- 一般人每分鐘最大換氣量 (MVV) 估算為 $FEV1 * 35 \sim 40$ 。
- 負壓呼吸防護具的阻力會造成 3.4~9.8% 最大換氣量的下降，不同 MVV 的影響有所差異。

**Changes in Maximal Ventilatory Volumes
Caused by Respirator Wear^A**

MVV₂₅ (L/min)	Average Decrease Caused by Respirator Wear (L/min)	Average Decrease Caused by Respirator Wear (%)
250	24.4	9.8
200	17.4	8.7
150	10.4	6.9
100	3.4	3.4

- 最大可忍受持續穩定活動狀態，約為 64% MVV 。
- 當活動負荷大於 60% 最大活動能力時，15~20 分鐘後換氣量會逐步增加 30 L/min (ventilator creep) 。

案例四之評估：

FEV1 1.6L 。 Estimated MVV 56~64L/min 。

配戴防護具之減損 MVV 估計 3.4%：

$60-60*3.4\%= 58 \text{ L/min}$

最大可忍受持續穩定活動為 64%MVV 狀態：

$58*64\%=37.1 \text{ L/min}$

工作活動為非常重度狀態：

$VO_2= 1.5\sim 2.0 \text{ L/min}$

$VE= 40\sim 60 \text{ L/min}$

$(37.1-60)\sim(37.1-40)= -22.9\sim -2.9$

假設工作活動為輕度狀態：

$VO_2= <0.5 \text{ L/min}$

$VE= 6\sim 15 \text{ L/min}$

$(37.1-15)\sim(37.1-6)= 22.1\sim 31.1 > 0$

假設工作活動為中度狀態：

$VO_2= 0.5\sim 1.0 \text{ L/min}$

$VE= 15\sim 25 \text{ L/min}$

$(37.1-25)\sim(37.1-15)= 12.1\sim 22.1 > 0$

由於個案體能可以執行非常重度工作，所以輕度~中度的工作未達 60% 最大活動能力，所以不需考量 (ventilator creep)。因此，個案可以使用負壓呼吸防護具從事輕度至中度下限的工作內容。

另需要考量當活動負荷大於 60% 最大活動能力時，15~20 分鐘後換氣量會逐步增加 30 L/min (ventilator creep)。此時 $-22.9-30\sim -2.9-30= -52.9\sim -32.9 < 0$ ，代表個案的最大換氣量不足以支持配戴呼吸防護具從事該項工作。

Changes in Maximal Ventilatory Volumes Caused by Respirator Wear^A

MVV ₂₅ (L/min)	Average Decrease Caused by Respirator Wear (L/min)	Average Decrease Caused by Respirator Wear (%)
250	24.4	9.8
200	17.4	8.7
150	10.4	6.9
100	3.4	3.4

	耗氧量			換氣量 L/min	活動需求 經常	持續	
	L/min	mL/kg/min	METs				
輕度 (light)	~0.5	5~7	1~2	6~15	4.5 kg		
中度 (moderate)	0.5~1.0	15	2~4	15~25	9 kg	4.5 kg 或 站或走操作控制	
重度 (heavy)	1.0~1.5	20~30	4~6	25~40	9~22.7 kg	4.5~11.4 kg	
非常重度 (very heavy)	1.5~2.0	>=30	6~8	40~60	22.7~45.4 kg	11.4~22.7 kg	4.5~9 kg
極重度 (extremely heavy)	2.0~3.0		8~12	60~90	>45.4 kg	>22.7 kg	> 9 kg
筋疲力竭 (exhaustive)	>3.0		12~15	90~120			

使用負壓式呼吸防護具下，肺功能異常與工作負荷間之風險等級

		Physical workload			
		sedentary 1.5-2.1 mets	light 2.2-3.5 mets	moderate 3.6-6.3 mets	heavy >6.3 mets
Lung function impairment	mild	0	0	1	2
	moderate	0	1	2	3
	severe	2	2	3	4

Mild lung function impairment: FVC or FEV1 65~79% of predicted

Moderate lung function impairment: FVC or FEV1 50~64% of predicted

Severe lung function impairment: FVC or FEV1 <50% of predicted

Risk level 0: 無明顯風險

Risk level 1: 低度風險，通常可以使用，需評估個人症狀。

Risk level 2: 中度風險，不宜長時間使用，需評估個人症狀。

Risk level 3: 高度風險，通常無法勝任。

Risk level 4: 極高度風險，無法勝任。

運動心肺功能



身高: 174.0 cm

體重: 55.2 kg

年齡: 19

性別: 男

FEV1 : 4.31 L

MVV : 155.7 L

Load : 24.0 Watt/min

結束的原因: 氣喘、腳酸

Peak

	Observed	Predicted	%Predicted
Work (Watt)	126.0		
VO2 (ml/min)	1331.0	2860.5	46.5
VO2 (ml/min/kg)	24.1	49.0	49.2
HR (BMP)	135.0	200.2	67.4
O2 pulse	9.90	14.3	
VE (L/min)	44.0		
Breathing reserve (BR)	111.7	> 15	
SpO2 (%)	99.0	Rest SpO2 98.0	

運動心肺功能檢測，協助運動過程中主要造成運動受限的原因，亦可了解受檢者大致上運動的能力。

Anaerobic Threshold

Work (Watt)	78.0		
VO2 (ml/min)	959.0	> 1334.9	
VO2 (ml/min/kg)	17.4	> 22.9	
VO2AT/VO2max (%)	72.1	> 42.0	

Interpretation

* Moderate impairment of pulmonary exercise test

問題 1：

請問您覺得針對 SCBA 使用者，安排六分鐘行走或三分鐘登階的條件為何呢？

1. 有疾病疑慮者
2. 有活動能力疑慮者
3. 選項 1 與使用 SCBA 從事中度（含）以上負荷作業者（交集）
4. 選項 2 與使用 SCBA 從事中度（含）以上負荷作業者（交集）
5. 選項 1 或 使用 SCBA 從事中度（含）以上負荷作業者（聯集）

問題 2：

請問您覺得應該由誰來執行六分鐘行走或三分鐘登階測試呢？

1. 廠護
2. 駐廠醫
3. 醫院內的職業醫學專科醫師
4. 非職醫的專科醫師（如心臟、胸腔或復健）

問題 3：

請問您覺得使用 SCBA 者，誰應該到醫院接受運動心電圖或運動心肺功能檢查呢？

1. 有疾病疑慮者
2. 使用 SCBA 時，從事中度（含）以上體力負荷作業者
3. 使用 SCBA 時，從事重度（含）以上體力負荷作業者
4. 選項 1 或 使用 SCBA 從事重度（含）以上負荷作業者（聯集）

咳嗽與咳痰困難

- 呼吸防護具配戴使用時，會造成咳嗽與咳痰不方便，亦可能造成面體密合度不良。暴露立即致命危害物質者需要特別留意。可改用 PAPR。

皮膚效應

- 部分使用者可能會造成局部皮膚過敏或毛囊發炎。有鬍鬚者，亦可能因為需要剃除而發生假性毛囊炎。

幽閉恐懼

- 原則上重視個案的感覺陳述，必要時可以檢測攜帶呼吸防護具前後之心跳變化。可以考慮測試不同的呼吸防護具，例如從密合度需求高的面罩，換成寬鬆的 PAPR。經過嘗試不同類型的呼吸防護具，選擇受評者較為適應的種類。

幽閉恐懼症 (Claustrophobia)

- 是一種特定狀況下的焦慮恐慌症
- 身體反應：出汗、心跳加快、血壓升高、換氣過度
- 感覺：感到胸悶、呼吸困難、噁心、麻、頭暈、暈厥、口乾等
- 發病原因：
 - 遺傳 (家人有焦慮與恐慌症)
 - 負面經驗 (例如曾經意外的或故意的被困在一個密閉的地方；小時候被虐待或欺負；曾在擁擠的地方與父母或朋友失散)
- 診斷：身心科專科醫師詳細問診評估
- 治療：暴露療法、認知行為療法

幽閉恐懼症 (Claustrophobia)

- **暴露療法**：重點是改變你對恐懼的物體或情況的反應。逐漸地、反覆地暴露於特定恐懼的根源以及相關的想法、感受和感覺，可能會幫助學會控制焦慮。例如，如果害怕電梯，治療可能會從簡單的想法進入電梯，到看電梯圖片，到接近電梯，再到走進電梯。接下來，可以坐一層，然後坐幾層，然後坐擁擠的電梯。
- **認知行為療法 (CBT)**：包括暴露與其他技術相結合，學習以不同的方式看待和處理恐懼的物體或情況。學習關於恐懼和身體感覺的替代信念，以及它們對你生活的影響。CBT 強調學習培養對自己想法和感受的掌控感和自信，而不是被它們壓倒。

案例：

45 歲男性，已經為緊急應變人員，曾經於使用呼吸防護具時會有焦慮。

職醫評估：過去曾經於年度緊急應變演練時，因為被指揮的很匆忙，感覺快要吸不到氣，但仍可執行完演練，使用其他呼吸防護具都沒有不適，後續配戴 SCBA 也不會有不舒服感覺。

評估結果：可以使用 SCBA，擔任緊急應變人員。

案例：

30 歲男性，規劃擔任緊急應變人員，問卷評估曾於密閉空間感到焦慮恐懼，使用呼吸防護具會有焦慮。

職醫評估：待在密閉空間，例如電梯或沒有窗戶的小房間一會兒，會有呼吸困難，噁心頭暈的感覺，曾經有在密閉空間內暈倒的經驗。

評估結果：不適合使用呼吸防護具。轉介身心科診治。

眼睛問題

- 正壓呼吸防護具所產生的氣流，可能造成眼睛黏膜的刺激，原本就有乾眼或眼睛黏膜疾病者，可能造成暫時性症狀加劇與視力模糊。考慮使用透氣式或軟式隱形眼鏡。

耳朵與聽力問題

- 耳膜穿不影響。降低聽聲辨別能力，注意原本就有聽力受損的個案。

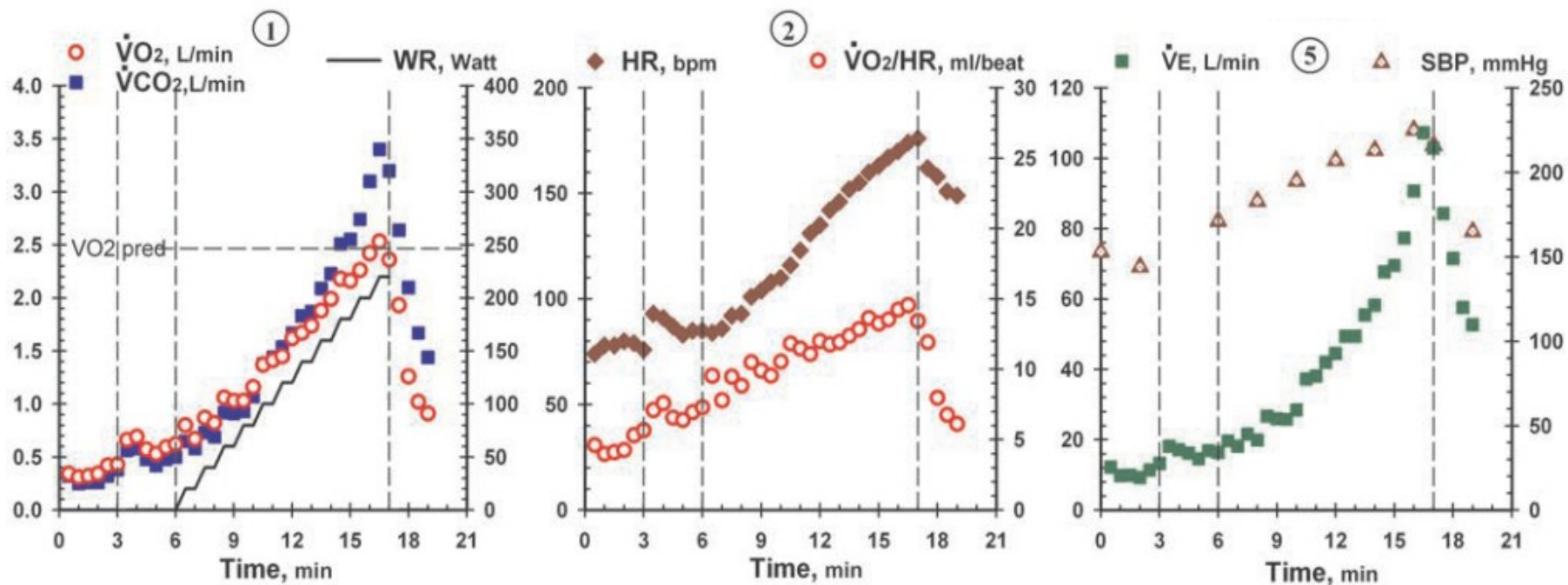
癲癇

- 主要的考量在於癲癇控制狀態是否不宜從事計畫的作業內容，例如爬高、沒有良好防護的高處作業、駕駛或操作大型機具、於危險機具旁工作、於火或是水池旁工作、或長時間獨自作業等。

高血壓

- 高血壓前期或高血壓患者於執行非常高強度的運動時，會更加重血壓上升至收縮壓超過 200mmHg 或舒張壓超過 100mmHg。
- 控制良好的高血壓患者（亦即血壓控制在 140/90mmHg 以下），通常可以勝任輕度至中度（耗氧量小於 1.0 L/min 或 小於 60% 個人最大耗氧量）的工作與運動內容。
- 高血壓患者均應接受血壓控制，爾後考量是否可以從事高強度工作或運動內容，依據美國運動醫學會 (American College of Sports Medicine) 建議，運動過程中最好不要讓血壓超過 220/105mmHg。

運動測試，高血壓患者



年齡

- 隨著年齡增加，最大體能負荷與最大耗氧量均逐漸下降，且當執行相同負荷任務時，年齡大於 50 歲者會較年輕者消耗較多的氧氣，亦即同樣的工作負荷量，對於 30 歲而言屬於中度負荷 (最大耗氧量 45~55%)，對於 50 歲以上者可能會增加至重度負荷 (最大耗氧量 60~70%)。
- 對於需要非常高體能需求之工作 (如耗氧量大於 2.0 L/min) 需特別留意年齡因素。
- 年齡的增加，也會伴隨心血管的疾病，例如冠狀動脈疾病與高血壓。

The influence of age on the physical working capacity is shown by dotted lines in Fig. 1. Mean values for men of 22.5 and 62.5 years were obtained by the same technique.

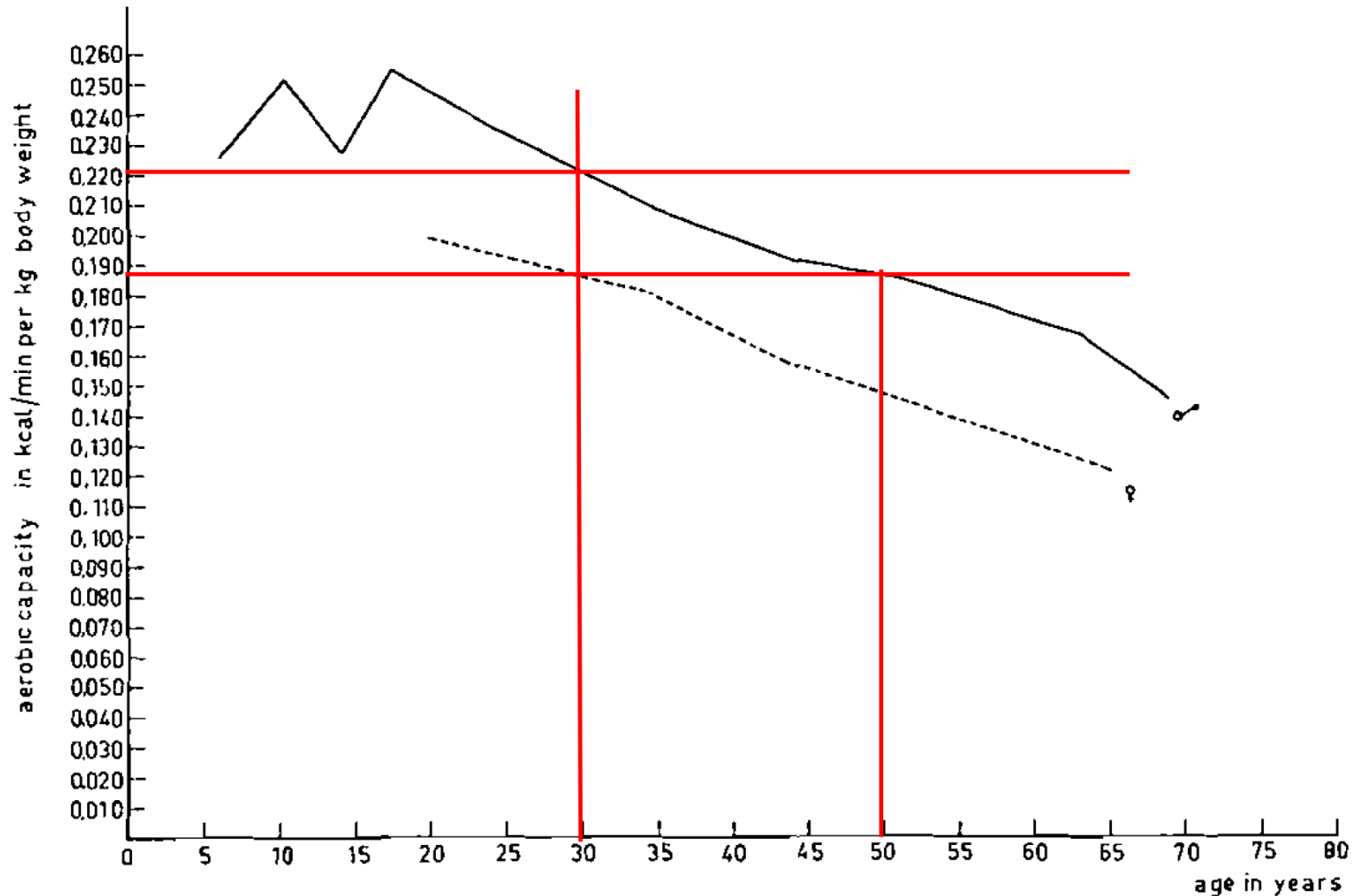


Figure 2.

懷孕

- 除了需要負重的自攜式壓縮空氣呼吸器 (SCBA) ，一般呼吸防護具的使用，並不會顯著增加孕婦的生理負擔。
- 但需要考慮使用呼吸防護具的情境是否會對孕婦與胎兒造成危害，除了化學性危害可能因為面罩不密合而有暴露風險外，其他工作環境之物理性、生物性、人因性危害也需要被考量。

問卷評估

二、過去病史

需要依照作業場所的需求，相關團隊成員共同討論出合適的問題組合。

例如：

1. 有立即致命或高危害的暴露，則頻繁咳嗽、咳痰症狀與相關疾病就很重要，如氣喘、支氣管擴張症。

2. 有高度體力需求，則會造成換氣障礙的疾病需要注意，如COPD、肺高壓、聲帶狹窄等。

1. 您是否曾經被醫師診斷出有以下的疾病？請打勾。

- ※ 是 否 (1) 癲癇。
- 是 否 (2) 糖尿病。
- 是 否 (3) 呼吸道過敏。
- 是 否 (4) 幽閉恐懼症。
- ※ 是 否 (5) 嗅覺問題。

2. 您是否曾經被醫師診斷出有下述肺部相關疾病？請打勾。

- ※ 是 否 (1) 塵肺症。
- 是 否 (2) 氣喘。
- ※ 是 否 (3) 慢性支氣管炎。
- ※ 是 否 (4) 肺氣腫 (或大泡性肺疾病) 。
- 是 否 (5) 肺高壓。
- 是 否 (6) 肺炎。
- 是 否 (7) 肺結核。
- 是 否 (8) 氣胸。
- ※ 是 否 (9) 肺癌。
- 是 否 (10) 肋骨骨折。
- 是 否 (11) 任何胸部外傷或手術。
- 是 否 (12) 聲帶窄縮或相關疾病。
- 是 否 (13) 其他您曾被告知的肺部與呼吸道疾病。

作業需求，會增加對於心臟負荷者，需特別注意心臟相關疾病與症狀。

例如：

高溫暴露、低溫暴露、高度體力負荷、緊張與緊急事件處理等。

二、過去病史

3. 您是否曾經被醫師診斷出有以下**心臟或心血管**疾病？請打勾。

※ 是 否 (1) 心臟病。

※ 是 否 (2) 中風。

※ 是 否 (3) 心絞痛。

※ 是 否 (4) 心衰竭。

是 否 (5) 腿或腳有水腫情況 (非走路造成的) 。

是 否 (6) 心律不整 (心跳不規則) 。

是 否 (7) 高血壓。

是 否 (8) 其他您曾被告知的心臟或心血管問題，請說明：_____。

三、現在健康狀態

2. 您是否現在有以下肺部疾病或症狀？請打勾。

※ 是 否 (1) 呼吸急促。

※ 是 否 (2) 與同年紀的人一起行走，有明顯落後並感覺喘。

※ 是 否 (3) 在平地行走時有呼吸急促情形。

※ 是 否 (4) 一般速度行走於平地時必須停下來呼吸再走。

※ 是 否 (5) 洗澡或穿衣時有呼吸急促。

※ 是 否 (6) 呼吸急促情形會影響工作。

※ 是 否 (7) 咳嗽時有濃稠的痰。

是 否 (8) 早晨時因咳嗽而醒來。

是 否 (9) 咳嗽大部分發生在平躺時。

是 否 (10) 最近一個月有咳血。

※ 是 否 (11) 哮喘（呼吸時有咻咻聲）。

※ 是 否 (12) 哮喘會影響工作。

是 否 (13) 深呼吸時感到胸口疼痛。

是 否 (14) 其它您認為可能是肺部引起的症狀。

症狀需要搭配疾病診斷史一起評估，如果尚未有診斷，則需接受進一步醫師問診，評估接受進一步診斷與檢查的必要性。

3. 您是否曾經有以下**心臟或心血管**症狀？請打勾。

※ 是 否 (1) 時常感覺到胸痛或胸悶。

※ 是 否 (2) 活動時感覺胸痛或胸悶。

※ 是 否 (3) 胸痛或胸悶會影響您的工作。

是 否 (4) 過去兩年內是否曾感覺到心跳有時會停頓一下或少跳一下。

是 否 (5) 與進食無關的胃食道逆流或消化不良。

是 否 (6) 其他您認為可能有關心臟或心血管之症狀。

五、過去使用呼吸防護具是否有不適之症狀與經驗

1. 在您使用呼吸防護具的經驗當中，是否曾經有下述問題？請打勾。

是 否 (1) 眼睛不舒服。

是 否 (2) 皮膚過敏或紅疹。

※ 是 否 (3) 焦慮。

是 否 (4) 全身無力或疲倦。

是 否 (5) 其他干擾您使用呼吸防護具問題，請說明：_____

曾有使用呼吸防護具的不適經驗，需要仔細評估，了解原因與嚴重度。釐清是否為呼吸防護具本身的因素，或當下同時接觸的環境與情境下所造成的身心影響。

可能狀況

- 大部分無症狀健康者可直接問卷評估通過。
- 一部分現有資料不足者，可以透過訪談或至醫院檢查，釐清健康問題。
- 一部分有低度風險者，可以透過加強健康個管，與短期內複評呼吸防護具醫學評估。
- 一部分有輕度至中度心肺障礙或肌肉骨骼問題者，可給予工作強度調整建議。
- 少部分特殊健康狀況，調整呼吸防護具種類或配工。
- 少部分嚴重心肺障礙或其他身心健康問題者，建議不適合使用呼吸防護從事作業。

謝謝聆聽

Q & A