

呼吸防護計畫訓練教材

# 呼吸生理及生理評估

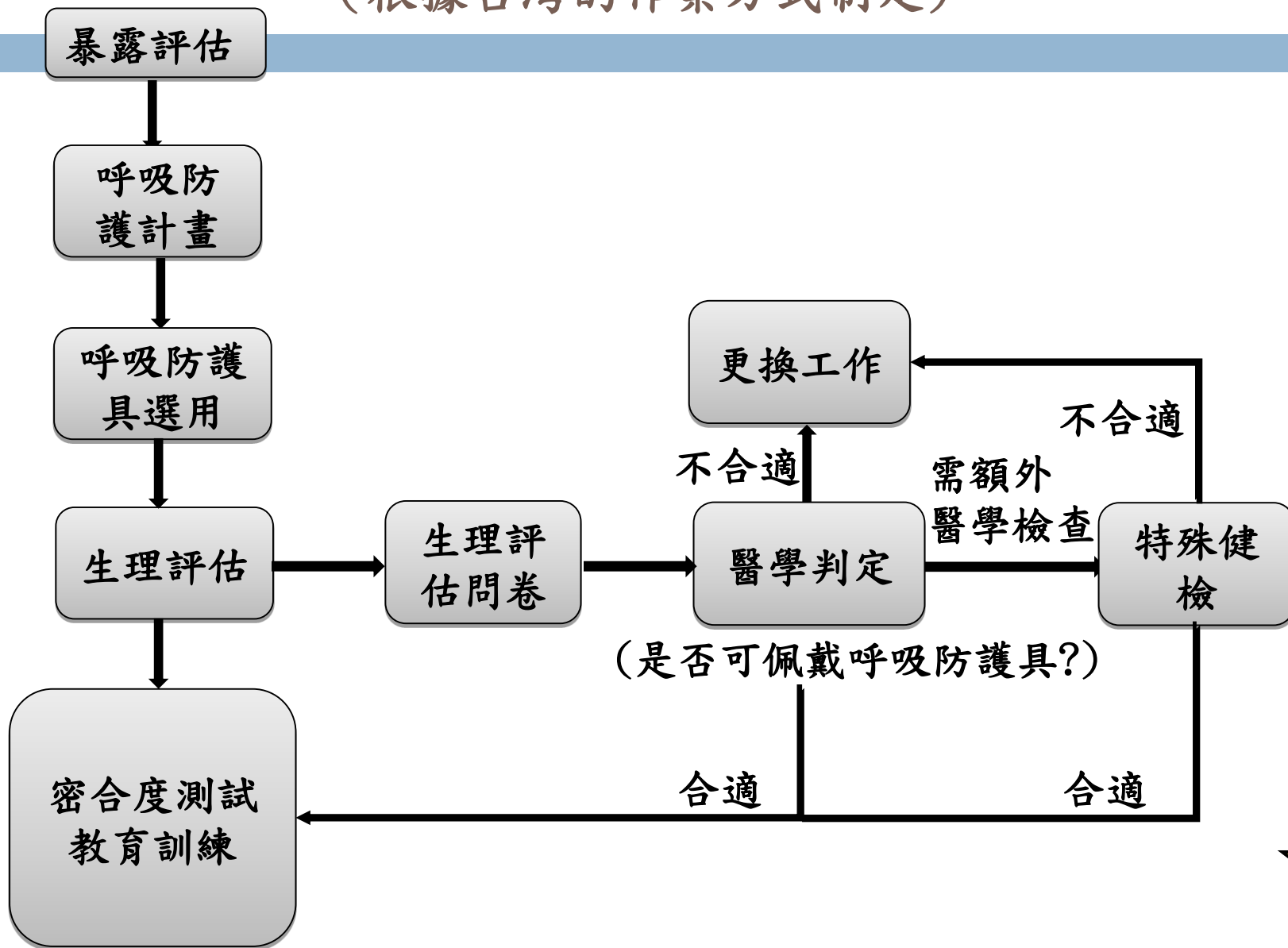
(日期)

主講者：萬國華

# 生理評估架構

(根據台灣的作業方式制定)

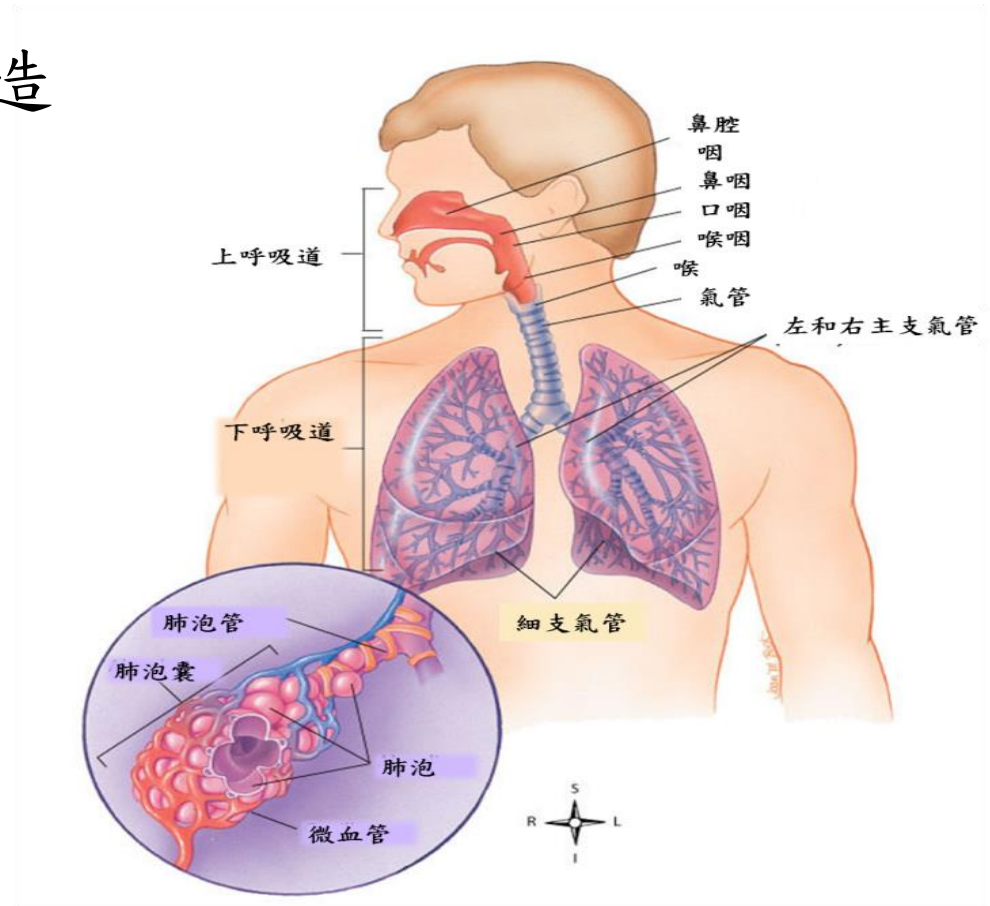
2



# 呼吸系統解剖學

3

- 人體呼吸系統的構造
  - 上呼吸道
  - 下呼吸道



圖三-1、呼吸系統的結構圖

(資料來源：Thibodeau GA, Patton KT: Anatomy & physiology, ed 3, St Louis, 1996, Mosby)

# 人體呼吸系統-上呼吸道

4

- 由鼻、口腔、咽和喉組成
- 可溫暖、濕潤及過濾人體吸入的氣體

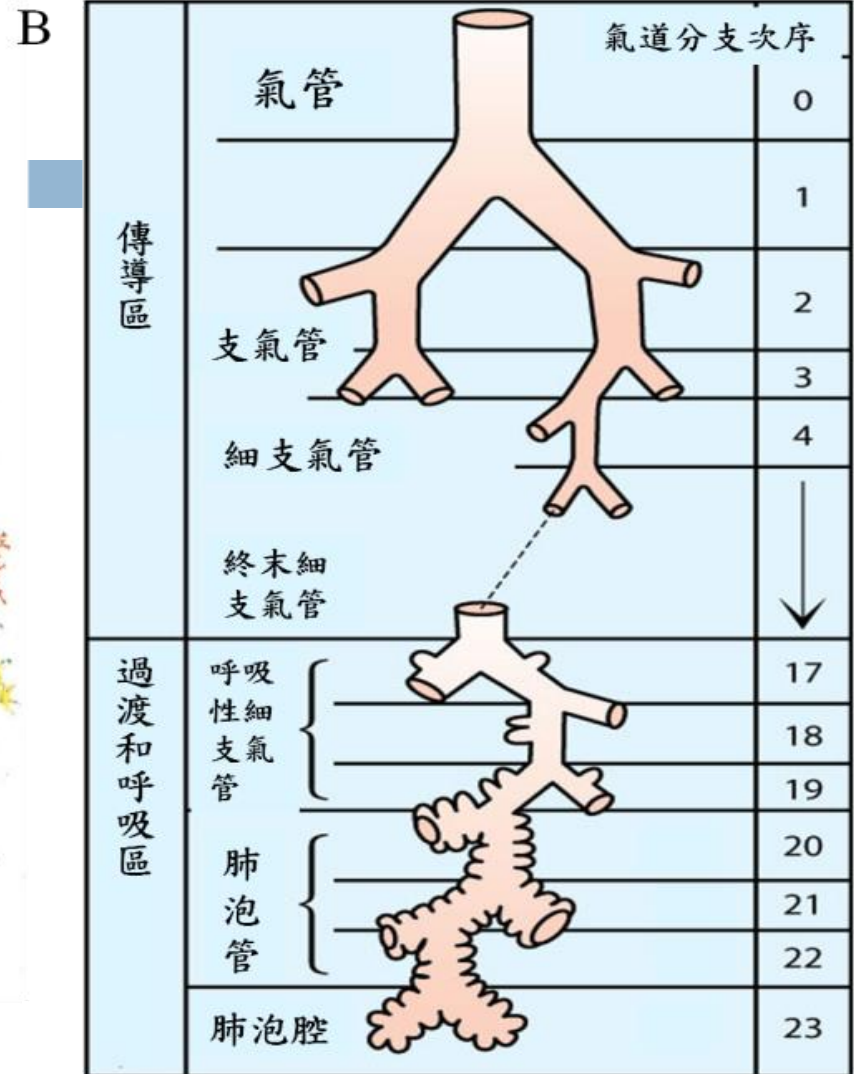
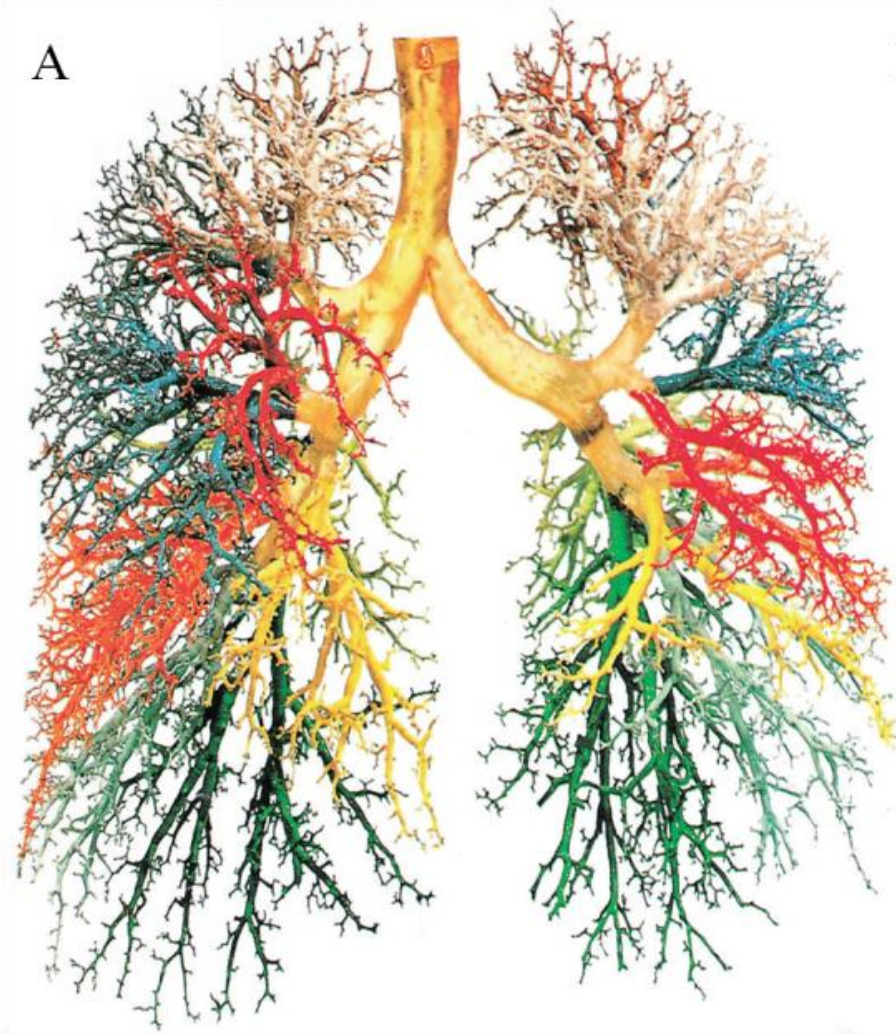
# 人體呼吸系統-上呼吸道

- 鼻子是幫助氣體加濕加熱和過濾的主要構造
  - 內部有富含**血管**的上皮，藉由螺旋形鼻甲增加表面積，讓吸入氣體的溫度與濕度快速的增加。
  - 藉**纖毛**及**螺旋形鼻甲**增加氣體中細小懸浮微粒的碰撞與黏附至鼻部黏膜層的機會。
  - 內含免疫球蛋白和發炎細胞的**副鼻竇**（顱骨和顏面骨內中空的氣室）**分泌物**形成第一道防禦系統，以有效過濾吸入的氣體。

# 人體呼吸系統-下呼吸道

6

- 喉部以下即為下呼吸道
- 二分法方式分支：每一個氣道分枝為兩個子氣道，形成**氣管一支氣管樹**。
- 肺泡出現（初始出現於呼吸性細支氣管）後稱為氣體交換的呼吸區。



圖三-2、氣管支氣管樹 (A) 與傳導性和終末氣道的分支結構 (B)

(資料來源：McMinn RMH et al: Color atlas of human anatomy, ed 3, London, 1993, Mosby-Wolfe. Courtesy Ralph Hutchings. Weibel ER: Morphometry of the human lung, Berlin, 1963, Springer-Verlag.)

# 人體呼吸系統-下呼吸道

- 肺泡
  - 第一型肺泡細胞
    - 細胞單層扁平，為構成肺泡的主要細胞。
  - 第二型肺泡細胞
    - 可分泌表面張力素來幫助肺泡擴張。
  - 肺泡巨噬細胞
    - 負責吞噬微生物及外來物質。
- 肺泡周圍有微血管包覆，可藉由擴散作用進行氣體交換，一般成人的肺臟大約包含3億個肺泡。



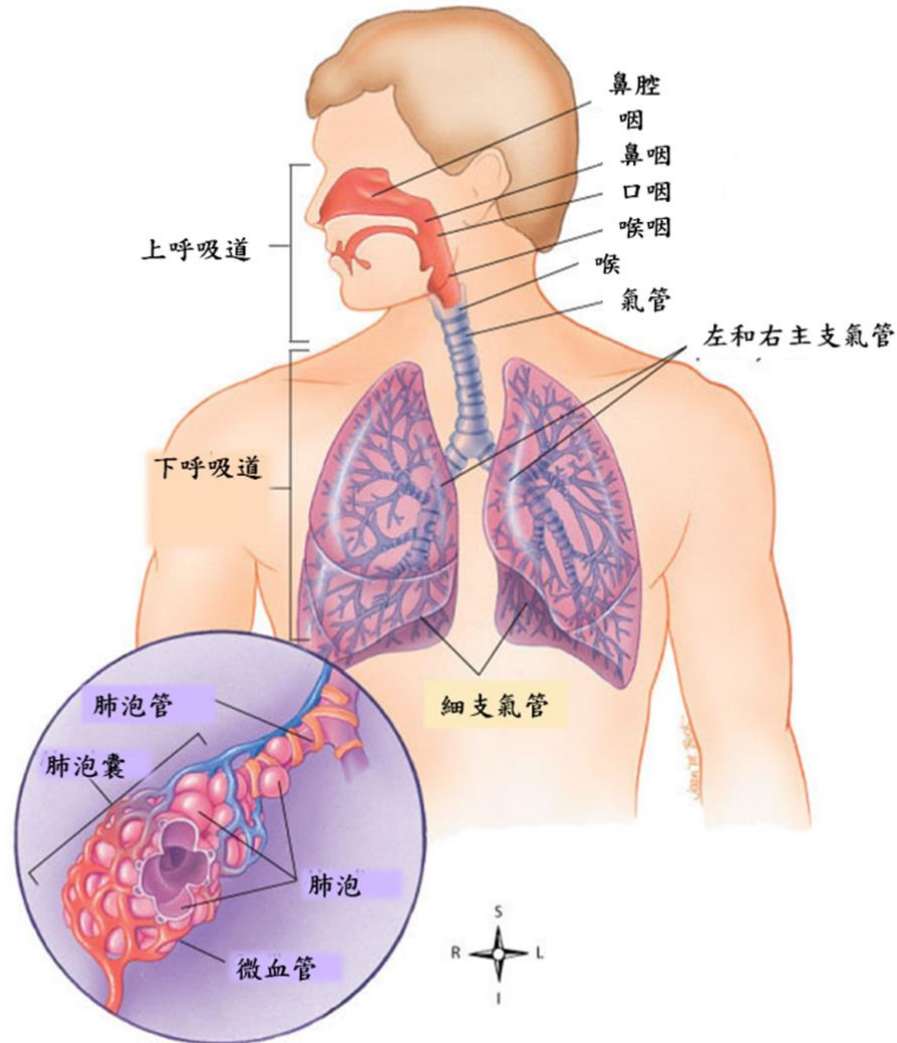
# 人體呼吸系統

- 人體的呼吸系統亦可分為
  - 傳導區（肺泡出現前）
    - 傳遞空氣到呼吸區，但不參與氣體交換。
  - 呼吸區（肺泡出現後）
    - 負責氣體和血液間氣體交換

# 人體呼吸系統

呼吸系統構造		主要作用
傳導區	鼻腔	(1)過濾、溫暖、潤濕吸入空氣 (2)空氣流至咽部之通道。
	咽	(1)鼻腔與喉之間的空氣通道 (2)口腔至食道的食物通道
	喉	(1)空氣通道 (2)發音器官 (3)防止異物進入氣管
	氣管、支氣管	(1)空氣進入肺臟的通道 (2)捕捉及排除外來異物
呼吸區	肺臟	氣體交換作用

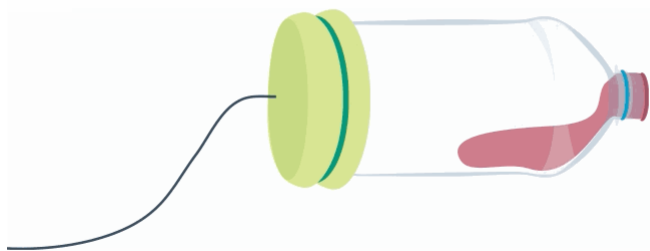
# 呼吸系統的結構圖



# 呼吸生理學

12

- 呼吸作用 (respiration)
  - ▣ 藉由呼吸肌(肋間肌與橫膈肌)的收縮或舒張，改變肺臟內部的體積而造成大氣與肺內的壓力差，導致氣體的流入或流出。
  - ▣ 肺內壓**低**於大氣壓力時→**吸氣**現象
  - ▣ 肺內壓**高**於大氣壓力時→**呼氣**現象



# 呼吸生理作用

13

## □ 呼吸作用

### □ 通氣 (ventilation)

- 指氣體經由口鼻進出肺臟的機械過程。

### □ 氣體交換 (gas exchange)

- 肺臟內氣體和血液之間的氣體交換 (外呼吸)
- 血液和其他組織之間的氣體交換 (內呼吸)

### □ 組織內細胞利用氧氣 (oxygen utilization)

# 呼吸生理作用—通氣

14

- 通氣除了會受到呼吸肌肉的影響之外，也會受到肺臟物理特性的影響。
- 肺臟物理特性
  - ▣ 肺臟的順應性（compliance）
  - ▣ 彈性（elastance）
  - ▣ 表面張力（surface tension）

# 呼吸生理作用—通氣

15

## □ 順應性

▣ 指在一定壓力下肺臟能夠擴張的程度。

（每單位肺間壓力改變所造成肺部體積的改變）

▣ 當肺部順應性高時，代表肺部容易撐大，反之，則代表肺部較硬故不易擴張。

# 呼吸生理作用—通氣

16

## □ 彈性

- 肺內抵抗伸展擴張之力量、為順應性之倒數。
- 高彈性的肺部代表肺部回彈的力量較大，是屬於較硬且不易擴張的肺。



# 呼吸生理作用—通氣

17

## □ 表面張力

- 由肺泡內的液體所產生，為肺內的空氣—水表面產生拮抗肺擴張的力量。
- 拉佩氏（Laplace）定律（ $P = \frac{2ST}{r}$ ，P表示肺擴張的力量，ST代表表面張力，r代表肺泡半徑）

# 呼吸生理作用—通氣

18

## □ 表面張力

- 當表面張力固定時，小的肺泡比大的肺泡需要更大的擴張力。
- 若所有的肺泡表面張力均相同時，小肺泡會將氣體排至大肺泡，造成小肺泡塌陷，而同一區域的部分肺泡會有過度膨脹現象。
- 表面張力素可降低肺泡的表面張力，使小肺泡比大肺泡的表面張力低，因此在相同的壓力下可使所有的肺泡維持擴張。

# 呼吸生理作用 — 氣體交換（外呼吸）

19

- 氣體藉由**擴散作用**通過肺泡壁及微血管壁而進行。
- 肺泡—微血管膜（厚度僅有 $0.5\ \mu\text{m}$ ）
  - ▣ 肺泡壁
  - ▣ 肺泡上皮基底膜
  - ▣ 微血管內皮基底膜
  - ▣ 微血管內皮細胞

# 呼吸生理作用 — 氣體交換（外呼吸）

20

- 由於肺內的氧氣濃度高於血液中，因此氧氣可從肺泡中擴散至血液內，反之，二氧化碳由血液擴散至肺泡中。
- 人體可由外界得到氧氣，且將體內過多的二氧化碳予以排除。

## 常見的呼吸性疾病

- 慢性阻塞性肺疾病（COPD）
- 氣喘（Asthma）

# 常見的呼吸性疾病—COPD

22

- 慢性阻塞性肺疾病
  - 是一種常見的呼吸系統疾病
  - 主要起因於肺部對有害粒子或氣體產生的慢性發炎反應，而造成持續存在的呼吸道阻塞現象。
  - 高罹病率及死亡率

# 常見的呼吸性疾病—COPD

23

## □ 危險因子

### □ 吸菸

- 最主要的因素

### □ 職業暴露

- 有機粉塵、無機粉塵和化學煙霧等

### □ 室內或室外的空氣汙染物

- 室內：木屑、動物糞便等
- 室外：化石燃料的燃燒產物

### □ 基因 $\alpha$ 1-抗胰蛋白酶（ $\alpha$ 1-antitrypsin）缺乏

# 常見的呼吸性疾病 — COPD

24

## □ 病理生理學

- 當肺部產生慢性發炎時，可能會導致部分肺實質組織的破壞，當肺泡壁被破壞時，肺部的彈性會變小並造成肺氣腫（emphysema）。
- 可能會使小氣道產生發炎及纖維化  
→ 小氣道容易塌陷阻塞、氣道阻力增加，並形成慢性支氣管炎（chronic bronchitis），破壞呼吸道正常的防禦機制。



# 常見的呼吸性疾病—COPD

25

- 臨床症狀
  - 呼吸短促
  - 慢性咳嗽（可能為間歇性且無痰情形）
  - 慢性咳痰
  - 出現哮鳴音（wheezing）
  - 呼吸困難

# 常見的呼吸性疾病—COPD

## □ 診斷

- 當慢性阻塞性肺疾病病人出現**臨床症狀**且暴露慢性阻塞性肺疾病**危險因子**時，需進行**肺功能測試**來確立診斷。
- 若肺功能參數 $FEV_1/FVC$ （第一秒的用力吐氣容積／用力肺活量）測量值在使用支氣管擴張劑後 $<70\%$ 預期值→代表有持續性的氣道阻塞情形，可診斷為慢性阻塞性肺疾病。

# 常見的呼吸性疾病—COPD

## □ 嚴重度分級依據

### □ 氣道阻塞程度（使用支氣管擴張劑後）

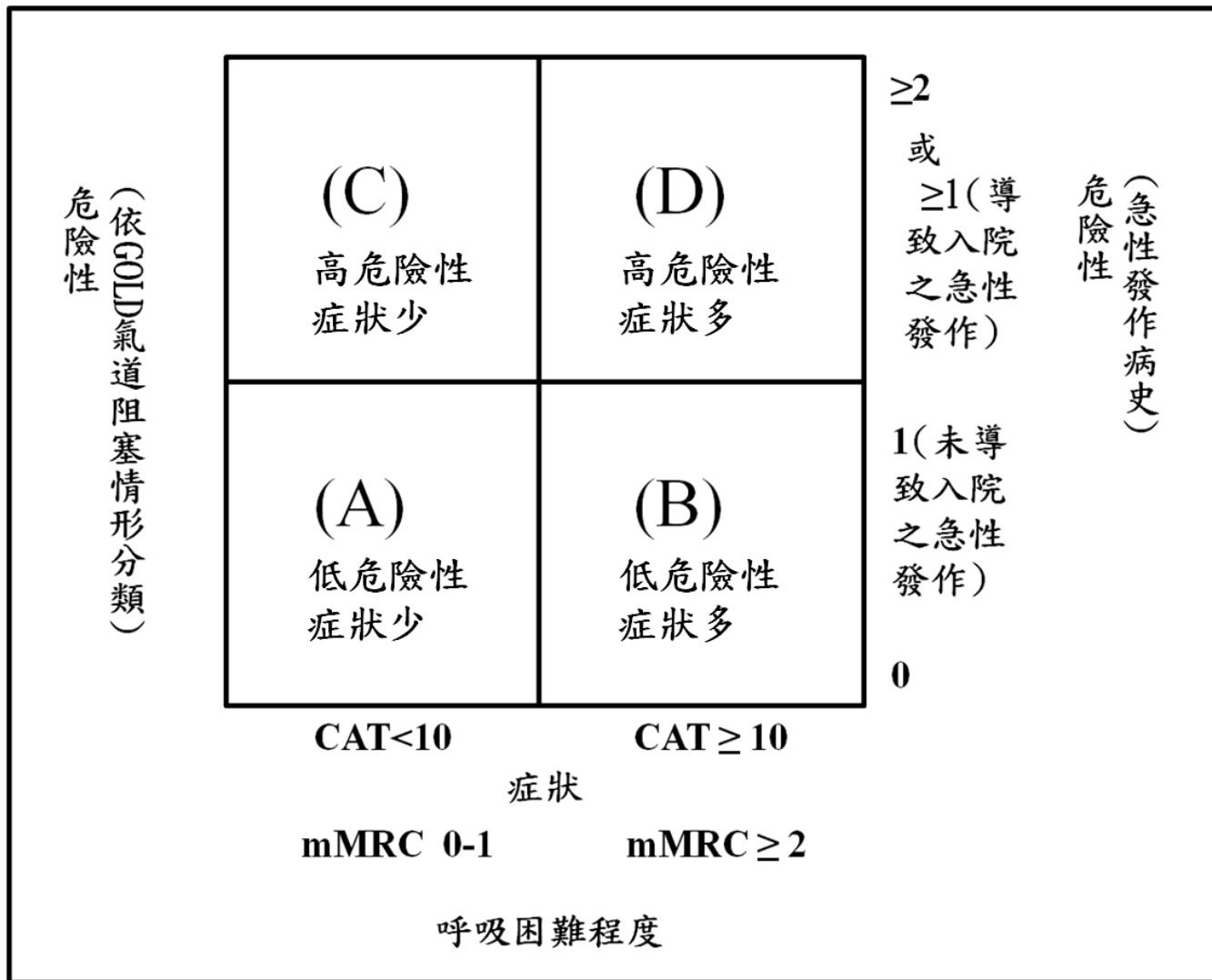
- GOLD 1：肺功能參數 $FEV_1 \geq 80\%$ 預測值為輕度
- GOLD 2： $50\% \leq FEV_1 \leq 80\%$ 預測值為中度
- GOLD 3： $30\% \leq FEV_1 \leq 50\%$ 預測值為重度
- GOLD 4： $FEV_1 < 30\%$ 預測值為極重度

### □ 症狀嚴重程度

- CAT（COPD Assessment Test；慢性阻塞性肺疾病評估測試）
- mMRC（modified British Medical Research Council scale；修改過的英國醫學研究會問卷）

### □ 疾病急性發作次數

# COPD評估



# 常見的呼吸性疾病－氣喘

29

- 氣喘（Asthma）
  - 是一種最常見的慢性氣道發炎疾病
  - 導致氣道過度反應，造成吐氣時發生氣道狹窄情形。
- 當患者接觸到誘發因子，包括運動、過敏原或刺激物質、氣溫改變及呼吸道感染（尤其是病毒）等時，會引起反覆發作的喘鳴、呼吸困難、胸悶及咳嗽現象，尤其是在清晨時。

# 常見的呼吸性疾病－氣喘

- 氣喘的症狀有可能時好時壞，但呼吸道的發炎反應是慢性持續存在。
- 對於大部分的氣喘患者而言，需要每天規律的使用「控制型藥物」以預防症狀出現及改善肺功能，而「緩解型藥物」則是在突然發生氣喘症狀時使用。

# 常見的呼吸性疾病－氣喘

31

## □ 氣喘嚴重度分級

— 根據2014年修訂全球氣喘倡議組織（GINA）準則

□ 針對已固定接受數個月治療後的病人進行評估

□ 輕度氣喘

■ 接受第1階段或第2階段治療後，疾病可獲得良好控制者。

□ 中度氣喘

■ 接受第3階段治療後，疾病可獲得良好控制者。

□ 重度氣喘

■ 需接受第4階段或第5階段治療疾病者，或已接受此治療後仍無法控制氣喘者，此不包括難治性氣喘（refractory asthma）病人及有其他未妥善治療疾病的氣喘病人。

# 常見的呼吸性疾病－氣喘

32

## □ 氣喘嚴重度分級

— 不同階段的治療主要是以使用的氣喘藥物種類與劑量而定



# 呼吸防護計畫—生理評估

# 生理評估

- 美國職業安全衛生署（OSHA）的呼吸防護計畫
  - ▣ 提供作業場所雇主及勞工安全衛生人員有關員工的生理評估程序，以判斷員工**是否適合佩戴**呼吸防護具，並使員工**在健康且安全的狀態下使用**呼吸防護具，是呼吸防護計畫中不可或缺的一環。

# 生理評估目的

35

- 呼吸防護具使用者進行生理評估之目的
  - ▣ 評估使用者佩戴呼吸防護具的能力
  - ▣ 評估呼吸防護具對使用者的影響
    - 呼吸防護具本身的重量對使用者的影響
    - 呼吸防護具產生的呼吸阻抗大小
    - 作業環境對呼吸防護具的影響
  - ▣ 評估呼吸防護具對於預防使用者發生傷害、疾病或死亡的有效性

# 考慮採用呼吸防護具之作業場所

36

- ▣ 根據台灣勞工安全衛生研究所呼吸防護具選用技術手冊
  - ▣ 臨時性作業、作業時間或期間短暫之工作場所
  - ▣ 進行作業場所為清掃或通風裝置的維護、保養、修護工作
  - ▣ 坑道、儲槽、管道、船艙等無法採取通風等工程控制措施的內部及室外工作場所

# 考慮採用呼吸防護具之作業場所

- 根據台灣勞工安全衛生研究所呼吸防護具選用技術手冊
  - ▣ 工作內容為緊急意外事故逃生或搶救人命的工作場所
  - ▣ 採用工程控制措施，仍無法將空氣中污染物濃度降低至容許濃度以下的工作場所。
  - ▣ 製程本身無法採用工程控制措施之工作場所

# 使用呼吸防護具的影響

38

## □ 呼吸系統方面

### ▣ 呼吸道阻力增加

- 呼吸防護具的阻力，並不會顯著增加呼氣的負荷；
- 吸氣阻力增加，橫隔膜與肋間肌則較易疲勞；
- 使用無動力式呼吸防護具會降低正常人在高強度活動下的最大工作耐力（maximal work capacity）；
- 對於下列患者，上述的狀況尤其顯著：
  - 嚴重慢性肺阻塞疾病
  - 嚴重肺氣腫、氣喘
  - 中度至重度間質性肺疾病
  - 心臟病

# 使用呼吸防護具的影響

39

## □ 呼吸系統方面

### ▣ 呼吸道阻力增加

- 在次強度活動（submaximal exercise）下，目前驗證合格之呼吸防護具的阻力對於工作的表現影響並不大。
- 對於曾有氣胸（pneumothorax）病史的作業人員，則有較高引起復發的機會。

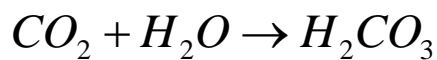
# 使用呼吸防護具的影響

40

## □ 呼吸系統方面

### □ 無效腔（dead space）體積增加

- 呼出的氣體（CO<sub>2</sub>濃度較高）會再次被吸入



- 代償方式：增加潮氣容積、呼吸頻率
- 與阻力的影響相同，均會加速呼吸肌的疲勞。
- 過去研究顯示，呼吸防護具的阻力與死腔會使最大工作耐力約降低10%。
- 全面罩呼吸防護具內的鼻杯即是為了降低死腔體積所設計。



# 使用呼吸防護具的影響

## □ 心血管功能方面

- 一般年輕人使用呼吸防護具並不會顯著增加心跳速率
  - 呼吸防護具的阻力與死腔會僅增加呼吸肌3~6%的耗氧量
- 呼吸防護具的重量，特別是SCBA（可重達10~20公斤），反而是造成心臟負荷的主因。
- 若同時處於高溫作業環境與穿戴不透氣的防護衣時（如消防員），會使心臟的負荷更大。
- 研究顯示，當年紀超過50歲之後，則需要消耗較多的氧氣來應付相同的工作負荷。

# 使用呼吸防護具的影響

## □ 心理方面

- 呼吸防護具的使用會因為密閉感而造成心理上的負擔，只是每個人的「忍受能力」不同。
- 文獻指出，約有10%個案會因為無法忍受而無法通過醫學評估。
- 若過去有使用呼吸防護具的經驗，則可提升忍受能力。
- 該方面的診斷並不容易，但可藉由密合度測試的過程進行篩選。

# 使用呼吸防護具的影響

## □ 肌肉骨骼與人因方面

- 對於有椎間盤突出、慢性肌肉骨骼疼痛等問題者應注意呼吸防護具的重量問題。
- 呼吸防護具佩戴後會「加大」人的尺寸，應考慮作業空間的限制。
- 視實際情況需進行視力矯正。

## □ 皮膚與感覺方面

- 過敏或加重原本的症狀（如：假性毛囊炎）。
- 面體或繫帶的壓力造成顏面與頭部的疼痛。
- 視覺、聽覺、嗅覺與話語能力（清晰度與音量）降低。

# 使用呼吸防護具的影響

44

Function/System Affected	Mechanism	Effects	Other Considerations
Pulmonary	↑* Resistance ↑ Dead space	↑ Work of breathing ↓ Ventilation ↓ Maximal work	Fatigue, discomfort ↑ Risk of pneumothorax?
Cardiac	↑ Work of breathing Respirator weight	↑ Cardiac work ↓ Maximal external work	
Temperature	↑ Temperature of in- spired air Partial recirculation of warm expired air ↓ temperature of in- spired air	↑ Body temperature and discomfort  Cooling effect	↑ Temperature will cause ↑ heart rate
Diminished senses	Partial mask obstruction of visual fields Covering of mouth Covering of ears; respi- rator noises	Reduced visual fields Decreased voice clarity and loudness Decreased hearing	
Psychological reaction	Enclosures of face/head  Other effects	Claustrophobia Loss of "habits" (chewing, spitting, blowing nose, scratching, etc) ↑ generalized stress	In susceptible subjects
Local irritation	Mask face pressure Allergy Occlusion of skin	Discomfort Discomfort, rash Folliculitis	In susceptible subjects In susceptible subjects

\* ↑ = increased.  
 ↓ = decreased.

# 呼吸防護具使用限制條件

45

- 呼吸防護具使用者的生理限制條件
  - 罹患**心血管疾病**（例如：高血壓、心絞痛、中風、心臟病等）**與呼吸系統疾病者**（例如：氣喘、慢性支氣管炎、肺氣腫等）
    - 心血管疾病會出現胸痛、胸悶、呼吸困難等症狀。
    - 罹患呼吸系統疾病的病人則會有氣道狹窄、呼吸道阻力增加及呼吸無效腔增加等問題。
    - 當上述病人使用負壓式呼吸防護具時，可能會造成病人的呼吸無效腔及呼吸阻力的上升，進而對此類病患產生更大的呼吸負荷。

# 呼吸防護具使用限制條件

- 呼吸防護具使用者的生理限制條件
  - ▣ **肺功能損傷者**（例如抽煙或吸入性損傷）
    - 此類患者因氣道受損而會有氣流阻塞或肺臟本身受到破壞等現象，進而影響肺功能，並可能出現呼吸道阻力上升或呼吸無效腔增加。
    - 此類病人如使用負壓式呼吸防護具，可能會使個人的呼吸負荷加劇。

# 呼吸防護具使用限制條件

## □ 呼吸防護具使用者的生理限制條件

### ■ 罹患神經性疾病者(例如癲癇)

- 癲癇發作時可能會因噎到口水而造成呼吸道阻塞，甚至導致死亡情形，且癲癇發作時也可能因為全身肌肉的抽搐而造成病人出現缺氧現象。
- 當罹患神經性疾病的病人佩戴呼吸防護具後，因為呼吸無效腔及呼吸阻力的增加，不僅會使病患的呼吸更加費力之外，亦可能造成癲癇病人發作時因噎到口水而出現窒息現象時，無法被旁人立即發現的後果。

# 呼吸防護具使用限制條件

48

- 呼吸防護具使用者的生理限制條件
  - 罹患肌肉骨骼傷害者(例如下背痛)
    - 本身有肌肉骨骼傷害的病人，可能無法承受自攜式正壓呼吸防護具的重量，而使原本的病情更加惡化。
  - 罹患精神性疾病者(例如憂慮或幽閉恐懼症)
    - 精神性疾病患者在身處密閉環境或空間時會出現極度焦慮的反應。
    - 此類病患佩戴呼吸防護具時可能會因為感到不安，而無法正確並持續的使用呼吸防護具。



# 呼吸防護具使用限制條件

49

## □ 呼吸防護具使用者的生理限制條件

### □ 懷孕

- 並非醫學評估之項目，更缺乏科學的證據。
- 卻是文獻中未通過醫學評估最常見的原因。
- 主要的考量為：
  - 呼吸防護具可能失效或不適當，因此母親與胎兒有暴露的風險。
  - 人道（人體工學）方面。

# 呼吸防護具種類

50

- 需執行使用者生理評估的呼吸防護具種類
  - ▣ 正壓式呼吸防護具
  - ▣ 負壓式呼吸防護具
  - ▣ 過濾性面罩呼吸防護具（防塵口罩）
    - ：非自願使用者

# 雇主責任

## □ 雇主之責

- 提供呼吸防護具使用者的生理評估作業  
(生理評估需在勞工正常的上班時間或勞工方便的時間執行)
- 提供第一次呼吸防護具使用者參與生理評估作業
- 拒絕排斥參與呼吸防護具使用者生理評估者參與呼吸防護計畫
- 在呼吸防護具使用者進行密合度測試前提供生理評估作業
- 終止欲退出參與計畫使用者生理評估

# 生理評估

- 生理評估所需花費，應依照公司規定。
- 當使用呼吸防護具的狀況、條件改變、工作條件改變及健康狀況與先前不同時，需提供醫師最新資訊。
- 問卷結果應視為一份醫療紀錄，必須嚴格保密醫療評估獲得的資訊，雇主只能獲得醫師提供的書面建議事項。

# 生理評估內容

## □ 生理評估問卷

### □ 第一部分：

- 由勞安衛人員(或執行呼吸防護計畫人員)填寫
- 包括員工基本資料、呼吸防護具資訊和工作類型

### □ 第二部分：

- 由佩戴呼吸防護具的勞工填寫
- 包括權益保障、工作史、用藥情形、過去病史及現在健康狀態

### □ 第三部分：

- 由佩戴全面體面罩及自攜式呼吸器的員工填寫
- 包括過去病史及現在健康狀態

# 生理評估內容

54

## □ 體格檢查

## □ 特殊健康檢查

（當下列情況發生時，勞工須做額外的健康檢查）

- ▣ 當醫師評估勞工所填寫問卷的結果，視個人所需安排其他的健康檢查。
- ▣ 當勞工告知出現和使用呼吸防護具相關的症狀時
- ▣ 由呼吸防護計畫中的資訊，建議需要重新評估時。
- ▣ 工作環境改變（如防護衣、溫度或工作努力程度），而導致勞工生理負擔增加時。

# 生理評估執行者

55

- 勞工安全衛生人員
  - 訂定呼吸防護計畫
  - 根據暴露及危害選用合適的呼吸防護具
  - 可做生理評估問卷的初步評估
  - 提供勞工醫療評估問卷
  - 若整份問卷當中，勞工無勾選需轉介之問題項目，則可由勞工安全衛生人員直接判定其可佩戴呼吸防護具。

# 生理評估執行者

56

## □ 職業科醫師 / 產業醫師

- 挑選需轉介至職業醫學專科醫師或產業醫師做醫學判定之問題項目
- 根據勞工填寫的問卷及雇主(環安衛人員)提供的作業資料，以評估勞工的生理狀態。
- 評估是否需做進一步的健康檢查
- 綜合上述，須提供回覆單給勞安衛人員或雇主，告知經醫學判定或其他檢查的勞工是否可佩戴呼吸防護具及其原因，並簽名以示負責。





# 生理評估執行者

57

## ▣ 職業科醫師

- 為職業醫學科的專科醫師。
- 負責職業傷害與職業病的診斷鑑定與治療、疑似職業病通報、職業安全衛生建議、職業病預防宣導、工作環境評估、職業病衛教諮詢等。
- 協助執行勞工一般及特殊作業健康檢查、特殊作業健康檢查的分級管理、追蹤複查、復工、配工、以及員工職場健康促進事務。

[回前頁](#)

# 生理評估執行者

58

- ▣ 產業醫師（根據職業安全衛生法）
  - 指事業單位勞工人數在五十人以上者，所僱用或特約從事健康服務之醫護人員。  
(指職業醫學科專科醫師及具醫師或護理人員資格，並經中央主管機關指定之訓練合格者)
  - 辦理健康管理、職業病預防及健康促進等勞工健康保護事項。

[回前頁](#)

歡迎提問  
~感謝聆聽~