

「口罩的透氣度及舒適度對體力勞動者的生理影響研究」 報告摘要

研究背景

香港天氣潮濕悶熱。在疫情期間，工人進行體力勞動時，仍須佩戴口罩。有不少工人向我們反映，間中會覺得工作較為吃力，同時汗水亦會影響口罩使用。因此，除了防護等級，口罩的透氣性和舒適性已成為人們日益關注的問題。市面上的口罩種類繁多，其防護效能及舒適度會受不同因素影響，例如細菌過濾效率、病毒過濾效率、顆粒過濾效率、透氣性和易燃性等。現時市面上的口罩著重於標榜口罩的防護效能如細菌過濾效率（BFE）或顆粒過濾效率（PFE），對於口罩透氣性的關注相對較少。Delta P，即壓力差是口罩透氣性的指標，是指口罩的氣流阻力，當 Delta P 值越高，對空氣穿過的阻力則越大。為研究口罩的透氣度及舒適度對體力勞動者在生理上的影響，香港理工大學康復治療科學系副教授魏佩菁博士受職業安全健康局委託，展開是次研究，以了解不同透氣度、物料及款式的口罩對佩戴者在進行體力勞動工作時生理反應的影響。

本研究共分為三個階段：

- (1) 第一階段：檢測佩戴不同類型的口罩於進行運動時對生理反應的影響。
- (2) 第二階段：檢測佩戴不同類型的口罩於室內進行模擬搬運工作時對生理反應的影響。
- (3) 第三階段：檢測佩戴不同類型的口罩於戶外工作環境進行體力工作時對生理反應的影響。

研究方法

研究於 2021 年 2 月至 2021 年 10 月期間進行，主要通過三個不同階段的試驗來收集數據並進行分析。

口罩測試樣本

1. 是次研究對不同透氣度(低及高 Delta P)，物料[熔噴不織布(Melt-blown, MB)及納米纖維(Nano Fibre, NF)]及款式(平面及立體)的口罩進行了測試。所有揀選的口罩都符合美國材料和試驗協會標準 ASTM F2100 Level 3 的防護級別。根據 ASTM F2100 Level 3 的要求，口罩的壓力差必須少於 $6 \text{ mm H}_2\text{O}/\text{cm}^2$ 。是次研究所選用口罩的壓力差介乎 2.6 至 $5.7 \text{ mm H}_2\text{O}/\text{cm}^2$ 之間。壓力差為 $2.6 - 2.7 \text{ mm H}_2\text{O}/\text{cm}^2$ 的口罩會被定義為低 Delta P；而 $4.7 - 5.7 \text{ mm H}_2\text{O}/\text{cm}^2$ 則為高 Delta P。另外，有見不少人會在平面口罩內加設支架以加強透氣度，是次研究亦有針對平面口罩配以口罩支架進行測試。

第一階段：檢測佩戴不同類型口罩於進行兩組運動時對於生理反應的影響。

第一組運動（低強度運動）：跑步機的傾斜度設置為 10%，速度設置為 2.7km/h，並連續運動 10 分鐘。

第二組運動（中等強度運動）：跑步機的傾斜度設置為 12%，速度設置為 4km/h，並連續運動 10 分鐘。

15 名受試者到香港理工大學實驗室，每人分別進行 8 次測試。每次測試大概 2 小時。為模擬香港夏天潮濕悶熱的天氣，實驗室的溫度與濕度設定為 30°C 及 70%。測試前受試者將先休息 15 分鐘，再按隨機順序佩戴以下其中一種口罩。此外，受試者會穿上監測儀（EQ02，Equivital，英國）以測量在運動前、運動期間及運動後心率、呼吸率、皮膚溫度等生理參數的改變。

- 1) C – 對照組；
- 2) MB-L – 低 Delta P 平面熔噴不織布口罩；
- 3) MB-H – 高 Delta P 平面熔噴不織布口罩；
- 4) MB-HB – 高 Delta P 平面熔噴不織布口罩配以口罩支架；
- 5) NF-H – 高 Delta P 平面納米纖維口罩；
- 6) NF-HB – 高 Delta P 平面納米纖維口罩配以口罩支架；
- 7) 3D-H – 高 Delta P 立體熔噴不織布口罩

在運動前和運動後，受試者需要報告他們的自覺竭力程度和十種不適感的感知水平，包括濕度、熱量、呼吸阻力、瘙癢、緊繃、鹹味、不適感、氣味、疲勞和使用時的總體不適感（從 0 到 10 的評定量表，其中 0 表示“不適”，而 10 表示“舒適”。在第一組運動後，受試者休息 20 分鐘，直到心率恢復到基線水平 ± 10 。然後進行第二組運動。此外，受試者會被詢問他們對口罩標準、口罩選擇、日常使用口罩的習慣以及對佩戴口罩如何影響其運動表現的看法。

第二階段：檢測佩戴不同類型的口罩於室內進行模擬搬運工作時對於生理反應的影響。

10 名受試者獲邀到香港理工大學實驗室，每人分別進行 8 次測試。每次測試大概 2 小時。實驗室的溫度與濕度仍是設定為 30°C 及 70%。在正式檢測佩戴不同類型口罩對於受試者生理反應的影響前，會透過不同測試對受試者的能力進行評估及驗證模擬搬運工作的運動強度。首次測試的目的是以檢測受試者搬運重物時的運動耐力，過程中受試者需在室內進行模擬搬運重物的工作，重複搬運直到受試者的自覺竭力程度（RPE）達至 15（即中等強度運動）或達至 30 分鐘。第二次測試的目的是以檢查運動過程中的

耗氧量 (K5, COSMED, 義大利), 並將耗氧量會轉換為 METs 水平, 以驗證運動強度。

在分析第一階段的數據後, 發現高 Delta P 平面納米纖維口罩對身體負荷為最高。因此, 在設定第二階段研究時, 集中測試以下熔噴不織布類口罩, 以比較不同透氣度及使用口罩支架與否或立體造型是否有所分別。

- 1) MB-L - 低 Delta P 平面熔噴不織布口罩;
- 2) MB-H - 高 Delta P 平面熔噴不織布口罩;
- 3) MB-LB - 低 Delta P 平面熔噴不織布口罩配以口罩支架;
- 4) MB-HB - 高 Delta P 平面熔噴不織布口罩配以口罩支架;
- 5) 3D-L - 低 Delta P 立體熔噴不織布口罩;
- 6) 3D-H - 高 Delta P 立體熔噴不織布口罩

受試者將先休息 15 分鐘。然後, 按隨機順序佩戴上述口罩之一, 並在室內進行模擬搬運重物工作, 從 A 點提起 10 公斤重物並搬運至相距 10 米的 B 點, 並放下重物。如此來回重複搬運直到受試者達至首次搬運重物時的運動耐力程度, 記錄來回搬運的次數, 生理參數的改變及心率回復時間以比較口罩組合對於生理反應及運動耐力的影響。期間受試者會穿上監測儀以測量在搬運前、搬運期間及搬運後的心率、呼吸率、皮膚溫度等生理參數的改變。

第三階段: 檢測佩戴不同類型的口罩於戶外環境進行體能工作時對於生理反應的影響。

以第一及第二階段的數據為基礎及考慮到在工作環境上的應用, 在口罩測試的種類上再次作出修整, 並集中測試以下四種口罩。第三階段檢測經常在戶外進行體力工作的工友, 包括建造(地盤雜工)、清潔(街道清潔)、及園藝行業。每個行業邀請 10 位工友參加, 整個項目共邀請 30 位受試者進行四次測試。每次測試大概一小時, 在受試者實際工作環境進行其日常工作。

- 1) MB-L - 低 Delta P 平面熔噴不織布口罩;
- 2) MB-H - 高 Delta P 平面熔噴不織布口罩;
- 3) 3D-L - 低 Delta P 立體熔噴不織布口罩;
- 4) 3D-H - 高 Delta P 立體熔噴不織布口罩

每次測試時受試者會先休息 10 分鐘，讓心肺功能達至穩定狀態。然後，按隨機順序佩戴上述口罩之一，並在其實際的工作環境進行日常工作 20 分鐘。期間受試者會穿上監測儀以測量生理指數，受試者亦需要報告自覺竭力程度及十種有關口罩使用的感知水平、他們佩戴口罩的習慣及揀選口罩的要求及看法。

研究結果及討論

是次研究結果顯示，佩戴不同類型的口罩在酷熱及潮濕的環境中進行體力勞動時，對口罩佩戴者的生理反應會造成不同程度的影響。於不同階段的結果討論如下：

第一階段

- 15 名受試者參加並完成測試，當中 7 名為男性(平均年齡為 28.9 歲)，8 名為女性(平均年齡為 23.9 歲)。
- 由於當時市面上並無符合 ASTM F2100 及低 Delta P（即透氣度高）的納米纖維口罩，故只用了高 Delta P 的納米纖維口罩（NF-H）進行測試。相對其他口罩，NF-H 組受試者在運動後心率恢復時間為最長、口罩對他們呼吸妨礙程度和口罩整體不舒適度最大。因此，在設定第二階段研究時，集中測試熔噴不織布（MB 類）口罩，以比較不同透氣度及使用口罩支架與否或立體造型是否有所分別。

第二階段

- 10 名男性受試者參加並完成測試，平均年齡為 21.3 歲。
- 大部分數據顯示低 Delta P 口罩組別相對比高 Delta P 口罩組別要好，包括搬運的次數、心率恢復所需要的時間、生理變化和受試者主觀指標。
- 低 Delta P 口罩類別中：立體口罩（3D-L）在搬運的次數、恢復時間和生理變化的結果比較好，但受試者的主觀指標則對平面口罩（MB-L）評分較佳。
- 而高 Delta P 口罩類別中：立體口罩（3D-H）則較好。
- 由此可見，高透氣度的口罩能夠為佩戴者帶來較佳的生理指標反應及主觀舒適感覺，減輕他們的生理負擔之餘，同時令他們感到更舒適，從而更願意於進行體力勞動工作時持續佩戴口罩。
- 另外，在兩款低和高 Delta P 口罩類別中配以支架（MB-LB 和 MB-HB）和沒有配備（MB-L 和 MB-H）時的生理和主觀結果顯示沒有明顯差別，因此在設定第三階段時，集中測試 3D 類口罩和平面 MB 類口罩。由此可見，雖然使用口罩支架可以增加口罩內的空間，但生理上和主觀感覺

分別並不明顯，而且口罩支架容易移位，或會影響口罩的貼面度和防護效能。

第三階段

- 30 名在戶外環境從事體力勞動工作包括建造(地盤雜項)、街道清潔及園藝行業的工友參加並完成測試。從事建造業的受試者的平均年齡為 48.6 歲(男:9 名, 女:1 名)、園藝行業為 47.5 歲(男:9 名, 女:1 名), 清潔行業為 61.5 歲(男:5 名, 女:5 名)。
- 相對使用其他口罩, 在戶外環境從事體能工作的工友的各项生理指標如心率、呼吸頻率、皮膚表面溫度、以及主觀自覺竭力程度指數中, 3D-L 組在各项改變為最低, 即負擔較輕。
- 在工作結束後, 工友指出 3D-L 口罩呼吸阻力評分是四組口罩中最佳的, 即呼吸較輕鬆。
- 在工作期間體驗使用四款不同類型口罩後, 接近一半的工友表示 3D-L 是四款口罩中最為舒適以及會期望在工作時配戴。但他們唯一考慮的是 3D-L 的價格較一般口罩為高。除立體口罩外, MB-L 亦受部分工友歡迎, 尤其是清潔工友, 在價格上亦比較便宜。

總結及建議

此項研究是本港首項針對在高溫環境下佩戴不同口罩進行體力勞動工作對生理影響的研究。在疫情下, 進行體力勞動的工友仍需佩戴口罩, 若選擇合適的口罩(例如符合標準及低壓力差 (Delta P)), 便能帶來較佳的生理指標反應及主觀舒適感覺。此研究結果可為僱主及僱員在選擇口罩時, 提供有用的科學參考數據。詳細建議如下:

- (1) 低 Delta P 口罩相對高 Delta P 口罩對佩戴者造成的生理負擔較輕以及主觀舒適感覺較佳。其中, 3D-L 的效果最好; 另外亦有受試者選擇使用平面 MB-L 口罩。因此, 建議在高溫、潮濕環境進行體力勞動時, 可考慮使用 3D-L, 其次是 MB-L。
- (2) 另外, 鑒於市面上多數口罩的包裝只着重顯示細菌過濾效率 (BFE) 或顆粒過濾效率 (PFE), 普遍欠缺壓力差 (Delta P) 的說明。我們建議口罩生產商在研發口罩時, 將高透氣度納入主要口罩生產的考慮因素之一, 並且在包裝上除了顯示過濾效率和有關標準外, 同時亦顯示有關壓力差 (Delta P) 的說明, 以便使用者作出適當選擇。