

低溫引起之職業病認定參考指引

勞動部職業安全衛生署

中華民國108年4月

【本參考指引由勞動部職業安全衛生署委託陳怡君醫師主筆修訂】

一、導論[1-5]

人類為恆溫動物，當周遭環境溫度變化時，人體需保持恆定溫度以維持細胞及各器官正常運作。體溫是反應熱產生和熱流失的結果，細胞代謝產生熱，而皮膚和肺臟會經由以下過程流失熱：

蒸散(Evaporation)：透過無感流失和汗水蒸發熱。

輻射(Radiation)：經由紅外線電磁能發散。

傳導(Conduction)：直接將熱量傳遞給相鄰的較冷的物體。

對流(Convection)：直接將熱量轉移到空氣流或水流中。

正常人類的核心體溫為 $37\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，當接觸低溫環境，會刺激交感神經造成血管收縮，導致熱量由皮膚流失的機會減少。若持續暴露在低溫環境中，造成核心體溫(core body temperature)下降到 36°C 時，代謝速率、呼吸速度及脈搏會增加，血壓會上升以維持生理恆定。當核心體溫下降到 35°C 時，顫抖(shivering)發生，腦力開始變遲鈍並影響工作，此時應盡速遠離低溫環境。若持續待在低溫環境下造成核心體溫到達 33°C ，意識會模糊、呼吸速率及脈搏速度會減少，血壓會降低，皮膚會冰冷並呈現藍色斑塊，當核心體溫到達 28°C ，會發生意識喪失、呼吸停止並造成心室顫動，最後導致死亡。某些情況下可能加重低體溫的嚴重度如甲狀腺低下症，老年族群及喝酒，在詢問病史時需留意[6]。

ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 美國政府工業衛生技師協會)指引中建議核心體溫不低於 35°C 是可以接受的，當勞工在低溫下工作，需有適當的保護及預防，以避免低溫傷害，而戶外工作最常見冷傷害的位置是臉及四肢，可當作選擇保護裝置之參考[7]。我國於民國104年9月18日增列勞工保險職業病種類項目，於第三類物理性危害引起之疾病及其續發症納入「低溫作業或低溫物品引起

之凍傷、失溫等疾病」為職業病，在勞工保險實務上，使勞工在從事低溫作業更有保障。

二、具潛在暴露之職業

低溫作業的職業包括[8]：

1. 冷凍倉庫作業及冷凍食品工廠
2. 處理乾冰、液態氮作業等
3. 製冰業
4. 長期於戶外低溫環境下工作(如漁夫、森林伐木業、建築工人、露天採礦工人、潛水夫、農夫等)
5. 高山工作者(如氣象觀察員、森林解說員、郵差)
6. 直升機救難人員
7. 軍事人員
8. 半導體工業
9. 其他於低溫作業下之勞工

三、醫學評估與鑑別診斷[1-5]

(一) 醫學評估

常見低溫引起的傷害有1.凍傷(frostnip) 2.凍瘡(frostbite) 3.非凍傷性冷傷害(non-freezing cold injury；如戰壕足、浸泡足) 4.低溫症(hypothermia)。

1. 凍傷(frostnip)

當人類暴露在小於0°C而沒有保護裝備下會發生凍傷害(freezing cold injury)，凍傷(frostnip)是指表層組織輕度凍傷，在回溫後30分鐘會完全復元，包含感覺。在此狀態下會有手指或腳趾的皮膚變白，觸覺較遲鈍但不会有麻木鈍感(wooden feeling)，因為回溫30分鐘後即可完全復原，所以不需做進一步治療。

2. 凍瘡(frostbite)

凍瘡(frostbite)定義為細胞及其間隙液體冷凍結晶，可分為以下四時期，每一時期可能會重疊：

- (1) 冷凍前期(Prefreeze phase)：此時表淺組織冰凍，血液黏滯度增加，微血管收縮、缺血，內皮間血漿溢出，皮膚通常失去感覺。
- (2) 冷凍-解凍期(Freeze-thaw phase)：此期有冰結晶形成(細胞外腔比細胞內腔要多)，各組織對冷凍之耐受力不同，通常內皮細胞、神經組織及骨髓較肌肉、骨骼或軟骨易受低溫傷害，解凍期可能有再灌流傷害造成發炎反應。
- (3) 血流停滯期(Vascular stasis phase)：此時期受傷及非受傷組織間會產生動靜脈分流(arteriovenous shunting)，血管收縮後會再度擴張，會造成紅血球淤積、停滯、凝固及血栓形成，並使血漿從血管滲漏。
- (4) 缺血後期(Late progressive ischemia phase)：此時期包括血栓誘導的發炎反應、低氧及無氧代謝造成的細胞壞死[9]。

凍瘡可分為表淺凍瘡(superficial frostbite)及深層和複雜性凍瘡(deep and complicated frostbite)。表淺凍瘡指恢復不像凍傷快，比凍傷再嚴重一點，但仍受限在表淺周邊組織層，初步表現跟凍傷類似，但回溫後幾小時到幾天的時間組織會變色、有出血斑塊和水泡產生，也可能產生表淺壞疽、皮膚及指甲脫落，表淺凍瘡類似燒傷分類的1-2級。深層和複雜性凍瘡表示已經傷害到肌肉和深部組織如血管，此時肢體會凍僵，且患者會有低體溫現象，細胞壞死會釋放出大量鉀離子造成猝死，因此必須在醫院

監測下回溫，深層和複雜性凍瘡類似燒傷分類的3-4級。

3. 非凍傷性冷傷害(non-freezing cold injury，如戰壕足，又叫浸泡足)

是指長時間浸泡在水中或處在低溫潮濕環境下(0°C ~ 10°C)造成的冷傷害，若在0°C浸泡45分鐘可能產生輕度非凍傷性冷傷害，若浸泡到3小時以上會有比較明顯的受傷。以前此病症常發生在作戰時，士兵長期將雙足浸泡在水裡或潮溼低溫環境所造成，因此有戰壕足的名稱。此病症較常出現在下肢，但上肢仍有零星個案。和凍瘡不同處在於此病未形成冰結晶(ice crystals)，但仍會造成長期的後遺症。戰壕足通常數小時到數日內發病，皮膚最初呈現紅色，隨後變白及水腫，症狀有皮膚發麻、疼痛及感覺異常、小腿抽筋，患肢可能出現水泡、潰瘍，嚴重會到壞死。

4. 低體溫

當核心體溫降至35°C以下時稱做低體溫(hypothermia)，最常見低體溫(hypothermia)定義及臨床症狀如下：

- (1) 輕度低體溫：核心溫度32到35°C；臨床症狀有心跳及呼吸變快、協調失常、構音困難、判斷力失常和顫抖。
- (2) 中度低體溫：核心溫度28到32°C；臨床症狀有脈搏及心輸出量減少、呼吸變慢、反射變差、顫抖減少，可能發生心律不整。
- (3) 重度低體溫：核心溫度小於28°C；臨床症狀有肺水腫、寡尿、無反射、昏迷、低血壓、緩脈、心室心律不整及顫動，最後導致死亡[10,11]。

病史需著重於有無長期暴露於低溫環境之工作史、有無危險因素如年紀大、心血管疾病、飲酒、甲狀腺機能不足、腎上腺疾病、營養不良、服用鎮靜劑等。

理學檢查需評估神經學(意識、瞳孔反應、肌腱反射、肌張力)、膚色、心跳、血壓、呼吸、體溫。

(二) 實驗室檢查[4]

1. 血液及生化檢查：

- (1) 血糖：評估是否異常造成昏迷。
- (2) CBC/DC(全血球計數)、乳酸：評估是否有感染或敗血症問題。
- (3) BUN/Cr(血清尿素氮/血清肌酸酐)：腎功能評估。
- (4) 電解質(至少鈉離子、鉀離子和鈣離子)：評估是否有可矯正因子及是否高血鉀。
- (5) 肌肉酵素(CK)：評估是否有橫紋肌溶解。
- (6) 甲狀腺及其他內分泌功能：評估是否有加重因子。
- (7) 尿液：是否泌尿道感染。
- (8) 動脈血：評估血氧濃度及有無酸鹼中毒。
- (9) Fibrinogen、PT, aPTT：在低溫病人身上常有凝血功能異常，這是因為在凝血反應過程中，許多酵素是跟溫度有關的[12]。

2. 電生理學檢查：

心電圖：檢查是否有心室心律不整及顫動、高鉀離子血症。

3. 放射線檢查：

胸部X光攝影：檢查是否有肺水腫。

(三) 鑑別診斷

1. 代謝性異常：肝腎功能異常、電解質不平衡、低血糖、酸中毒導致昏迷或意識改變，上述情況體溫多半正常。

代謝異常導致低體溫，如甲狀腺功能低下、腎上腺功能不足等。可經由血液檢查排除。

2. 心腦血管疾病導致昏迷：如出血性腦中風、梗塞性腦中風、心肌梗塞，體溫多半正常。可經由心電圖及腦部電腦斷層排除。
3. 感染導致細胞灌流不足：如尿道炎、肺炎、敗血症、腦炎、腦膜炎等，體溫可能升高。可經由血液及尿液檢查、影像學檢查排除。
4. 藥物或酒精中毒導致昏迷：如服用過量鎮靜安眠藥物、酗酒等。
5. 其他：營養不良、一氧化碳中毒。

四、流行病學證據

戰壕足是在西元1914年第一次世界大戰時首次被描述出來，在英國導致75000人傷亡，浸泡足是1982年福克蘭群島戰爭期間的一個重大醫療問題，特別是在無家可歸者中[13]。

查找文獻中有數件關於低溫引起的傷害，陳述如下：Rodahl K等人研究中，在Spitsbergen礦區溫度相當低，約2~-4°C，工人只能躺或半坐方式工作，常常無法溫暖雙足，容易遭受冷傷害[14]。

Kolstad A等人研究中，滑雪者在極度低溫下，因為角膜上皮細胞破壞而造成視力模糊[15]。

除了會造成凍瘡和低體溫以外，突然氣溫驟降會增加心血管死亡率[16]。於Moghadamnia MT等人研究發現，暴露在低溫環境中會增加5%心血管死亡率(RR, 1.055; 95% CI [1.0501.060]); 低溫短期暴露於男性的心血管死亡率約增加3.8%(RR, 1.038; 95% CI [1.034-1.043])，低溫短期暴露於女

性的心血管死亡率約增加 4.1%(RR, 1.041; 95% CI [1.037-1.045]) [26]。

在 Bang BE 等人報告指出，工作環境自覺冷的員工發生肌肉、呼吸道和皮膚症狀明顯比不覺得冷的員工高 [17]。

Chen F 等人研究，在低溫工作者 $-5 \sim +5^{\circ}\text{C}$ 其發生膝蓋痛及下背痛的機會比正常溫度 $20-30^{\circ}\text{C}$ 工作者高 [18]。

Kupper 等人研究，高山直升機救援常會遇到極度寒冷的氣候，工作環境 87.1% 處在 -30°C ，12.1% 處在 $-30 \sim -45^{\circ}\text{C}$ 及 0.8% 處於 $<-45^{\circ}\text{C}$ 。最低溫為 -54.6°C ，最常見的職業危害是凍瘡，建議適當的防護衣是必要的 [19]。

Cattermole TJ 等人研究，在南極洲的冷傷害最常見的為凍瘡 (95%)，其次為低體溫 (3%) 和戰壕足 (2%)，臉部是最常受傷的部位 (47%) [20]。

Tian P 等人報告，從事化學工業者有較多機會接觸液態氮和乾冰，遭受凍傷的機會較多 [21]。

冰敷也可能遭受冷傷害，Graham CA 等人報告冰敷時應用衣服隔開冰塊及皮膚，每次冰敷不超過 20 分鐘，過程中應間歇性休息，以防止冰敷造成的冷傷害 [22]。

國內相關研究也有關於低溫作業的報告。陳秋蓉等人報告指出，我國有低溫作業環境之工廠，暴露環境之溫度分佈集中於未滿 -18°C 的冷凍庫房 (37.65%)，其次為 -18°C 以上未滿 0°C (24.70%)，以及介於 10°C 以上未滿 18°C 之溫度範圍的冷凍肉品加工廠。低溫作業環境從業員工主要發生的症狀以手腳冰冷 (21.1%)、手腳麻木 (14.1%)、呼吸道疾病 (12.9%) 與容易疲倦 (10.6%) 為主 [23,24]。

五、暴露證據收集方法

根據美國政府工業衛生技師協會 (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)，於低溫下工作並

考量風速之建議如下[25]：

表一、四小時低溫工作及休息暖身之限值											
空氣溫度 晴空		無明顯風速		風速5mph (8km/h)		風速10mph (16km/h)		風速15mph (24km/h)		風速20mph (32km/h)	
°C	°F	最大作業時間	休息暖身次數	最大作業時間	休息暖身次數	最大作業時間	休息暖身次數	最大作業時間	休息暖身次數	最大作業時間	休息暖身次數
-26 至 -28	-15 至 -19	常態作業 休息 1次 以上		常態作業 休息1次 以上		75 分鐘	2	55 分鐘	3	40 分鐘	4
-29 至 -31	-20 至 -24	常態作業 休息 1次 以上		75 分鐘	2	55 分鐘	3	40 分鐘	4	30 分鐘	5
-32 至 -34	-25 至 -29	75 分鐘	2	55 分鐘	3	40 分鐘	4	30 分鐘	5	非緊急時應 停止作業	

表一、四小時低溫工作及休息暖身之限值

空氣溫度 晴空		無明顯風速		風速5mph (8km/h)		風速10mph (16km/h)		風速15mph (24km/h)		風速20mph (32km/h)	
-35 至 -37	-30 至 -34	55 分 鐘	3	40 分 鐘	4	30 分 鐘	5	非緊急時應 停止作業	非緊急時應 停止作業		
-38 至 -39	-35 至 -39	40 分 鐘	4	30 分 鐘	5						
-40 至 -42	-40 至 -44	30 分 鐘	5	非緊急時 應停止作 業		非緊急時應 停止作業					
-43 以下	-45 以下	非緊急時 應停止作 業		非緊急時 應停止作 業		非緊急時應 停止作業					

備註：

1. 在4小時低溫暴露下從事中度至重度工作量時應在溫暖處所至少暖身10分鐘以上且在4小時工作結束(例如中餐時間)延長休息時間。從事輕度至中度工作(身體活動受限)時則應往次一階調整

。例如，在-35°C無明顯風速(第四階)，如工人從事輕度身體活動工作時則必須在4小時的工作期間內每40分鐘即給予暖身休息10分鐘以上(第五階)。

2. 如無法獲得正確風速，可由下列方法推估：旗幟輕輕飄動(5mph)，旗幟完全撐開飄動(10mph)，可將報紙揚起(15mph)，可吹起雪花(20mph)。
 3. 若只有風冷卻率可以獲得，而無風速及溫度資料時可以下列簡單區分：風冷卻率大約等於1750W/m²時即應特別考慮啟動休息暖身的防範措施，在風冷卻率達2250W/m²時，所有非緊急狀況均應停止作業。
 4. 本表僅適用於穿著乾衣服之作業勞工。
 5. 0°C~-9°C：須穿著溫暖並保持乾燥。
 6. -10°C~-25°C：1.穿著溫暖的衣服且外層是防風的。2.戴帽子，手套或絕緣手套，圍巾和絕緣防水鞋。3.保持乾燥及保持活躍。
- 根據低溫作業勞工危害預防指引，容許冷浸潤時間如下：

水溫 (°C)	水溫 (°F)	浸至腳踝 之深度	浸至膝蓋 之深度	浸至手腕 之深度	浸至頸部 之深度
10-12	50-54	7小時(3.5小時，下雨時)	5小時(2.5小時，下雨時)	1.5小時(1小時，下雨時)	5分鐘
13-15	55-59	8小時(4小時，下雨時)	7小時(3.5小時，下雨時)	2小時(1.5小時，下雨時)	5分鐘
16-18	60-64	9小時(4.5小時，下雨時)	8小時(4小時，下雨時)	3.5小時(2.5小時，下雨時)	10分鐘
19-20	65-69	12小時(6小時，下雨時)	12小時(6小時，下雨時)	6小時(5小時，下雨時)	10分鐘
>21	>70	無限制	無限制	無限制	30分鐘

六、結論

(一) 主要認定基準

1. 疾病存在的證據：臨床症狀及症候符合低溫導致疾病(凍傷、凍瘡、戰壕足、低體溫)之診斷。
2. 職業暴露的證據：具有暴露於低溫環境工作史。
3. 正確的時序性：低溫導致疾病之發病在暴露於低溫環境後產生。
4. 合理排除其他可能造成同樣症狀之原因。

(二) 輔助基準

1. 工作場所溫度、工作時間及暴露時間超出容許標準。
2. 工作場所其他勞工亦有疑似症狀。
3. 移開工作場所或經加溫治療後病人恢復正常。

參考文獻

- [1] Baxter PJ, Aw TC, Cockcroft A, Durrington P, Harrington JM, editors. Heat and cold. In: Hunter's Diseases of Occupations, Tenth Edition. Hodder Arnold Co., UK, 2010. pp525-543.
- [2] 朱柏齡。低溫(Low Temperature)引起之職業病認定基準。中華職業醫學雜誌 2003；10(3)：211-216。
- [3] Levy, Barry S, Wegman, David H, Baron, et al. Extremes of Temperature. In: Occupational and Environmental Health: Recognizing and Preventing Disease and Injury, 5th Edition. pp341-344.
- [4] Ken Z, Crawford M. Accidental hypothermia in adults. UpToDate search on 2017/7/12.
- [5] Ken Z, Crawford M. Frostbite. UpToDate search on 2017/7/12.
- [6] Horie S. Disorders caused by heat, cold, and abnormal pressure. Nihon Rinsho. 2014;72(2):223-235.
- [7] Virokannas H. Thermal responses to light, moderate and heavy daily outdoor work in cold weather. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1996;72(5-6):483-489.
- [8] 洪敏元：低溫作業職災預防。工業安全衛生 2014；296：56-61。
- [9] Medscape-Frostbite-Pathophysiology.
<http://emedicine.medscape.com/article/926249-overview#a3> search on 2017/7/5.
- [10] Jolly BT, Ghezzi KT. Accidental hypothermia. Emerg Med Clin North Am. 1992; 10(2):311-327.
- [11] Delaney KA, Vassallo SU, Larkin GL, Goldfrank LR. Rewarming rates in urban patients with hypothermia: prediction of underlying infection. Acad Emerg Med. 2006; 13(9):913-921.
- [12] 林育嫻，杜明勳：低體溫的診斷及治療。基層醫學 2006；21(6)：139-144。

- [13] Atenstaedt RL. Trench foot: the medical response in the first World War 1914-18. *Wilderness Environ Med.* 2006;17(4):282-289.
- [14] Rodahl K. Occupational health conditions in extreme environments. *Ann Occup Hyg.* 2003;47(3):241-252.
- [15] Kolstad A, Opsahl R Jr. Cold injury to corneal epithelium. A cause of blurred vision in cross-country skiers. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 1969;47(3):656-659.
- [16] Eng H, Mercer JB. Mortality from cardiovascular diseases and its relationship to air temperature during the winter months in Dublin and Oslo/Akershus. *Int J Circumpolar Health.* 2000;59(3-4):176-181.
- [17] Bang BE, Aasmoe L, Aardal L, Andorsen GS, Bjornbakk AK, et al. Feeling cold at work increases the risk of symptoms from muscles, skin, and airways in seafood industry workers. *Am J Ind Med.* 2005;47(1):65-71.
- [18] Chen F, Li T, Huang H, Holmer I. A field study of cold effects among cold store workers in China. *Arctic Med Res.* 1991;50 Suppl 6:99-103.
- [19] Kupper T, Steffgen J, Jansing P. Cold exposure during helicopter rescue operations in the Western Alps. *Ann Occup Hyg.* 2003;47(1):7-16.
- [20] Cattermole TJ, The epidemiology of cold injury in Antarctica. *Aviat Space Environ Med.* 1999;70(2):135-140
- [21] Tian P, Li C, Wang H, Wen CQ, DU WL. Analysis of 59 cases of frostbite in plain region. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi.* 2009; 25(5):377-379.
- [22] Graham CA, Stevenson J. Frozen chips: an unusual cause of severe frostbite injury. *Br J Sports Med.* 2000;34(5):382-383.
- [23] 陳秋蓉，戴聿彤，田倩蓉，曹達和，孫逸民等：我國低溫作業危害現況調查。勞工安全衛生研究季刊 2010；18(3)：268-275。
- [24] 陳秋蓉，戴聿彤，田倩蓉，莊侑哲：低溫作業勞工危害預防指引。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2009。
- [25] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2017: 217-218.

- [26] Moghadamnia MT, Ardalan A, Mesdaghinia A, Keshtkar A, Naddafi K, et al. Ambient temperature and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. PeerJ. 2017;5:e3574.