

貓咪二醇類化合物 (Glycols) 生理毒性與風險分析報告

深度剖析 1,2-丙二醇、1,3-丙二醇與 1,3-丁二醇之代謝路徑、靶器官破壞機制與安全性評估

報告類型：動物生理學與臨床毒理學專題 目標物種：貓 (Felis catus)

撰寫專家：動物生理學專家小組

一、前言與貓咪特異性生理背景

二醇類化合物 (Glycols) 廣泛應用於日常保養品、食品添加劑及工業溶劑中。雖然此類成分對人類或犬類的毒性相對可控，但貓咪身為「嚴格肉食性動物 (Obligate Carnivores)」，其肝臟解毒功能與血液生理結構具有高度特化與缺陷，使其對二醇類化合物表現出極為特殊的敏感性與毒性反應。

⚠ 貓咪對二醇類高度敏感的兩大生理缺陷：

- **血紅素特化 (高氧化敏感性)：** 貓咪紅血球上的血紅素分子含有高達 8 個游離硫氫基 (Sulfhydryl groups, -SH) (人類僅 2 個，犬類 4 個)。這使貓咪紅血球極易受到氧化劑攻擊而變性。
- **肝臟葡萄糖醛酸轉移酶 (UGT) 缺乏：** 貓咪肝臟缺乏多種代謝親脂性化合物與醇類的酵素系統，導致二醇類及其中間代謝物在體內清除速率極慢，容易產生蓄積毒性。

二、三種二醇類之生理與毒理機制分析

1. 1,2-丙二醇 (1,2-Propylene Glycol)

- **主要靶器官：** 血液系統 (紅血球、脾臟)。
- **生理影響機制：** 1,2-丙二醇吸收後會在血液中產生強烈的氧化壓力，促使血紅素分子中的硫氫基被氧化，引發血紅素變性與凝集，在紅血球內形成「海因茨體 (Heinz bodies)」。
- **病變進程：** 帶有海因茨體的異常紅血球在通過脾臟與網狀內皮系統時會被巨噬細胞大量摧毀，引發急性/慢性溶血性貧血。
- **法規現狀：** 美國 FDA 及各國寵物食品規範已**嚴格禁止**在任何貓咪食品或濕糧中添加 1,2-丙二醇。

2. 1,3-丙二醇 (1,3-Propanediol)

- **主要靶器官：** 血液系統 + 中樞神經系統。
- **來源特徵：** 常見於標榜「天然、綠色、玉米發酵」的新型保養品中 (如 Zemea)。
- **生理影響機制：** 儘管其羥基位置與 1,2-丙二醇不同，但實驗證實其進入貓咪體內後依然會引發高度的氧化應激反應，導致海因茨體形成與紅血球壽命縮短。此外，高劑量下亦會發揮醇類的抑神經特性。
- **法規現狀：** 與 1,2-丙二醇相同，**禁止**添加於貓咪食品中。

3. 1,3-丁二醇 (1,3-Butylene Glycol)

- **主要靶器官：** 體液酸鹼平衡系統 + 中樞神經系統 (**不影響紅血球**)。
- **生理影響機制：** 1,3-丁二醇經由肝臟醇去氫酶 (ADH) 與醛去氫酶 (ALDH) 代謝後，主要轉化為 **β-羥基丁酸 (β-hydroxybutyrate)** (體內天然酮體之一)。
- **病理發展：**
 - 低劑量 (如舔食微量保養品)：肝臟可順利將其轉化為能量代謝，無顯著毒性。

。極高劑量（如誤食大量原料）：肝臟代謝不及，血液中酮體呈指數型暴增，引發**代謝性酮酸中毒（Ketoacidosis）**與嚴重中樞神經抑制（共濟失調、昏迷）。

三、三種二醇類化合物生理影響綜合對照

評估項目	1,2-丙二醇	1,3-丙二醇	1,3-丁二醇
化學結構	3 碳雙醇 (1,2-位 -OH)	3 碳雙醇 (1,3-位 -OH)	4 碳雙醇 (1,3-位 -OH)
主要危害靶器官	血液系統（紅血球）	血液系統 + 中樞神經	體液酸鹼值 + 中樞神經
主要生理病變	海因茨體溶血性貧血 高風險	海因茨體貧血 + 精神抑制 高風險	代謝性酮酸中毒 + 步態不穩 高劑量風險
肝臟代謝終產物	乳酸（Lactic acid）	丙二酸等酸性代謝物	β-羥基丁酸（天然酮體）
貓食法規監管	全球嚴格禁用	全球嚴格禁用	非食品添加物（不允許）
日常微量舔食危險度	中高（具累積累積性）	中高（具血液毒性）	極低（可安全代謝）

四、1,3-丁二醇之濃度門檻與臨床安全性評估

針對飼主普遍關切的「保養品中 1,3-丁二醇百分比（%）對貓咪的影響」，根據化妝品成分審查委員會（Cosmetic Ingredient Review, CIR）及哺乳動物毒理學數據進行定量試算與評估：

 **毒理學數據與安全劑量推估（以 4 kg 貓咪為例）**

- 口服半數致死量（LD₅₀）：約 11 g/kg ~ 29 g/kg。致死臨界量需一次攝入 **44 g ~ 116 g 之純液**。
- 無顯著不良反應劑量（NOAEL）：約 1 g/kg/day ~ 5 g/kg/day。4 kg 貓咪每日需攝入 **4 g 以上純液**持續數週方有慢性負擔。

日常保養品舔食情境試算：

一般市售保養品（化妝水、精華液、乳液）中，1,3-丁二醇的添加濃度約為 **1% ~ 10%**。

假設貓咪舔食塗抹於皮膚上之乳液約 1 ml（約 1 g）：
單次攝入 1,3-丁二醇淨重 = 1 g × 10% = 0.1 g
相較於每日安全上限 NOAEL（4.0 g），僅佔上限值的 2.5%（1/40），距離致死劑量更相差數百倍。

結論：當前文獻及毒理數據顯示，貓咪偶爾舔食飼主塗抹於臉部或手部之市售保養品（1,3-丁二醇濃度 ≤ 10%），其攝入量遠低於毒理閾值，肝臟能完全代謝，**不會產生血液或急性中毒風險**。

五、飼主居家照護與臨床預防指引

1. **劃分安全區域：**手工 DIY 保養品原液（含有 99% 純度 1,3-丁二醇或 1,3-丙二醇者）必須妥善存放於櫃中，避免打翻造成貓咪毛髮大面積沾染與梳理吞食。

2. **塗抹後接觸管理：**使用含 1,2-丙二醇或 1,3-丙二醇之保養或藥用產品後，建議等待皮膚完全吸收（約 10-15 分鐘）再與貓咪親密互動。
3. **異常症狀觀察：**若貓咪誤食大量未知化妝品，請觀察 24 小時內是否出現**步態不穩（像喝醉）、過度流口水、嘔吐、精神沉鬱或黏膜蒼白**，如有異常應立即就醫並提供產品成分表。