

# CHEST Journal Critical Care Special Features

## Quantifying Practice Variability to Inform the Design of Implementation Programs in Critical Care and Assess Their Impact

量化臨床實務變異以指導重症加護實施計畫的設計與效果評估

CHEST 2026;169(1):128-138. DOI: 10.1016/j.chest.2025.08.026

整理：謝慕揚 MD, PhD, FESC 日期：2026-01-28

### 核心發現摘要

#### 重要發現：

- 臨床實務變異 (practice variability) 可分為「病人因素」與「非病人因素」兩大來源
- 多層次模型 (multilevel modeling) 可量化各層級 (醫院、ICU、醫師、病人) 對實務變異的貢獻
- ARDS 病人接受 LTVV 的醫院層級變異為 20%，非 ARDS 病人為 34% (相對減少 41%)
- 此方法可指導 implementation program 聚焦於最大變異來源

臨床意義：結合量化分析與 CFIR 質性研究，可更有效設計與評估 evidence-based practice 的推廣計畫。

## Contents

<b>1</b>	<b>前言：Implementation Science 的重要性</b>	<b>2</b>
1.1	什麼是 Implementation Science?	2
1.2	本文核心概念	2
<b>2</b>	<b>CFIR 框架介紹</b>	<b>2</b>
2.1	什麼是 CFIR?	2
2.2	CFIR 的限制	3
<b>3</b>	<b>Practice Variability 的概念</b>	<b>3</b>
3.1	兩種來源	3
3.2	思想實驗	3
3.3	Evidence Generation 與 Implementation Science 的角色	4
<b>4</b>	<b>Multilevel Modeling 的應用</b>	<b>4</b>
4.1	什麼是 Multilevel Modeling?	4
4.2	Variance Partition Coefficient (VPC)	4
4.3	應用一：聚焦 Determinants of Practice 的搜尋	5
4.4	應用二：評估 Implementation Program 的成效	5

---

<b>5</b>	<b>LOTUS-FRUIT 研究的實證分析</b>	<b>5</b>
5.1	研究背景 . . . . .	5
5.2	研究方法 . . . . .	5
5.3	主要結果 . . . . .	6
5.4	結果解讀 . . . . .	6
<b>6</b>	<b>方法學限制與注意事項</b>	<b>7</b>
6.1	量化分析無法回答的問題 . . . . .	7
6.2	技術考量 . . . . .	7
<b>7</b>	<b>臨床實務建議</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>結論</b>	<b>8</b>
<b>9</b>	<b>參考文獻</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>縮寫對照表</b>	<b>9</b>

# 1 前言：Implementation Science 的重要性

## 1.1 什麼是 Implementation Science?

Implementation science (實施科學) 是研究如何將 evidence-based practices (EBPs) 有效地引入臨床實務的學門。在 pulmonary and critical care medicine 領域，許多經過驗證的 EBPs 仍未被完全採納：

- 肺部疾病：asthma 的正確診斷檢測、COPD 病人的 pulmonary rehabilitation 與 long-acting bronchodilators
- 重症照護：ARDS 病人的 low-tidal volume ventilation (LTVV) 使用率仍不理想

## 1.2 本文核心概念

本文提出一個創新方法：利用 **multilevel modeling** 量化 practice variability，以補充傳統的質性研究方法（如 CFIR 框架），使 implementation program 的設計更具針對性。

# 2 CFIR 框架介紹

## 2.1 什麼是 CFIR?

CFIR (Consolidated Framework for Implementation Research) 是醫學領域最常被引用的 implementation framework，於 2009 年首次發表，2022 年更新為 CFIR 2.0。

CFIR 將影響 EBP implementation 的因素歸納為 5 大領域、48 個構面：

Table 1: CFIR 2.0 五大領域與重症照護相關問題

領域	核心構面	重症照護相關問題
<b>Innovation</b> (介入措施本身)	Evidence base Complexity Cost Triability	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 證據強度如何？</li> <li>• 是否明顯優於現行做法？</li> <li>• 初期導入成本？</li> <li>• 能否先試行？</li> </ul>
<b>Outer Setting</b> (外部環境)	Local attitudes Funding climate Market pressures Quality benchmarks	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 同儕醫院是否已採行？</li> <li>• 是否有經費支持？</li> <li>• 是否符合品質指標？</li> <li>• 病人期待？</li> </ul>
<b>Inner Setting</b> (機構內部環境)	Infrastructure Culture Incentive systems Mission alignment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 是否有足夠空間與設備？</li> <li>• 是否符合機構文化？</li> <li>• 誰有熱情推動？</li> <li>• 現在是否為優先項目？</li> </ul>
<b>Individuals</b> (參與的人)	Leadership Opinion leaders Innovation deliverers Recipients	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主管支持程度？</li> <li>• 誰負責訓練？</li> <li>• 醫護人員態度？</li> <li>• 病人接受度？</li> </ul>

領域	核心構面	重症照護相關問題
<b>Process</b> (推動過程)	Planning Tailoring Adapting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 如何推廣?</li> <li>• 能否因地制宜?</li> <li>• 有什麼激勵措施?</li> </ul>

## 2.2 CFIR 的限制

根據 2020 年對 334 位 CFIR 使用者的調查，存在以下挑戰：

1. 主觀 vs 客觀：訪談和問卷收集的是「perception」，不一定反映「observable reality」
2. 耗時費力：大規模調查（如護理人員機構文化調查）執行困難
3. 難以區分：哪些 perception 真正影響 implementation 的成敗

## 3 Practice Variability 的概念

### 3.1 兩種來源

Practice variability（臨床實務變異）可分為兩大來源：

#### Practice Variability 的分類

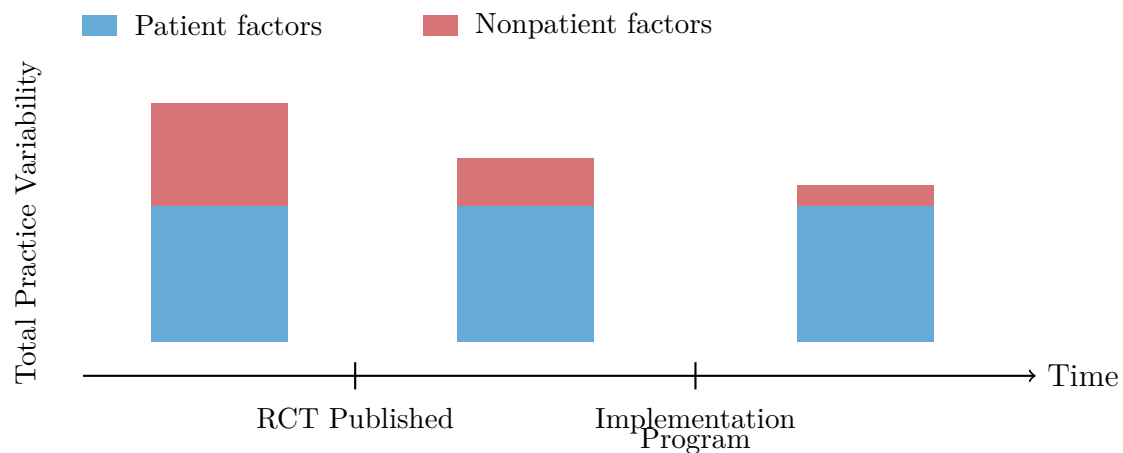
1. **Patient Factors**（病人因素）—可取的變異
  - 因病人個別差異（病史、嚴重度、年齡、偏好）而調整治療
  - 代表 personalized/precision medicine 的實踐
  - 是「desirable」的變異來源
2. **Nonpatient Factors**（非病人因素）—不可取的變異
  - 同一病人在不同地點可能接受不同治療
  - 源於臨床資源差異、醫師決策差異
  - 當強證據存在時，這是「undesirable」的變異

### 3.2 思想實驗

想像一個假設情境：同一位病人在同一天、同一時間，可以同時拜訪不同醫師。由於病人特徵完全相同，所有治療差異都來自「非病人因素」。

- 若該疾病有明確最佳治療 → 高變異是不理想的
- 若該疾病為新興疾病、無最佳治療證據 → 高變異是可預期的

### 3.3 Evidence Generation 與 Implementation Science 的角色



重點：

1. RCT 提供高品質證據 → 理想上減少 nonpatient factor 變異
2. Implementation program → 進一步減少 nonpatient factor 變異
3. Patient factor 變異維持不變（假設 case mix 不變）

## 4 Multilevel Modeling 的應用

### 4.1 什麼是 Multilevel Modeling?

Multilevel modeling（多層次模型/階層模型）是一種統計方法，可處理具有巢狀結構的資料，例如：

病人 ⊂ 醫師 ⊂ ICU ⊂ 醫院

此方法可量化各層級對總變異的貢獻比例。

### 4.2 Variance Partition Coefficient (VPC)

VPC 定義為某層級變異佔總變異的比例：

$$\text{VPC} = \frac{\tau^2}{\tau^2 + \sigma^2} \quad (1)$$

其中：

- $\tau^2$  = 醫院層級（或其他層級）的變異
- $\sigma^2$  = 病人層級的變異（已調整病人特徵後）

### 4.3 應用一：聚焦 **Determinants of Practice** 的搜尋

#### 假設範例

假設 multilevel modeling 分析顯示 EBP adoption 的變異來源：

- Hospital level: 6%
- ICU level: **60%**
- Clinician level: 9%
- Patient case mix: 25%

結論：Implementation program 應主要針對 **ICU** 層級的決定因素，因為這是最大的變異來源（60%）。

### 4.4 應用二：評估 **Implementation Program** 的成效

比較 implementation program 前後的 VPC：

變異來源	介入前	介入後
Hospital	6%	6%
ICU	60%	15%
Clinicians	9%	5%
<b>Nonpatient factors total</b>	<b>75%</b>	<b>26%</b>
Patient case mix	25%	74%

結果：Nonpatient factors 造成的變異從 75% 降至 26%，相對減少 **65%**。

## 5 LOTUS-FRUIT 研究的實證分析

### 5.1 研究背景

LOTUS-FRUIT (Low Tidal Volume Universal Support: Feasibility of Recruitment for Interventional Trials) 是由 Prevention and Early Treatment of Acute Lung Injury Network 進行的觀察性研究。

研究假設：

- 2000 年 LTVV 被證實可改善 ARDS 病人存活率，成為 established EBP
- 但 LTVV 對非 ARDS 的 ARF (acute respiratory failure) 病人效果較不明確
- 因此假設：ARDS 病人的 LTVV 使用變異應小於非 ARDS 病人

### 5.2 研究方法

項目	內容
資料來源	LOTUS-FRUIT cohort study (2017)

研究對象	45 家醫院、1,113 位病人、2,090 次觀察
ARDS 定義	$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300 \text{ mmHg}$ + 雙側浸潤 (24 小時內 CXR 確認)
LTVV 定義	任一記錄的 tidal volume $< 6.5 \text{ mL/kg}$ predicted body weight
統計模型	Multilevel logistic regression with hospital-level random effect
校正變項	年齡、性別、intubation indication、SOFA score (插管後 24 小時)

### 5.3 主要結果

Table 4: LOTUS-FRUIT 研究結果：LTVV 的 Variance Partition Coefficients

分析	ARDS VPC	Non-ARDS VPC	相對差異
Primary analysis (n=1,113)	20%(95% CI: 13-35%)	34%(95% CI: 24-58%)	<b>41% decrease</b>
Sensitivity 1 (imputed ARDS)	21%(95% CI: 14-36%)	38%(95% CI: 28-55%)	<b>45% decrease</b>
Sensitivity 2 (day 0 data included)	22%(95% CI: 15-35%)	35%(95% CI: 25-49%)	<b>37% decrease</b>
Sensitivity 3 (LTVV $< 8.0 \text{ mL/kg}$ )	21%(95% CI: 15-47%)	25%(95% CI: 16-43%)	16% decrease

### 5.4 結果解讀

#### 重點解讀

1. **ARDS 病人的 VPC 較低 (20% vs 34%)**: 符合假設——當 LTVV 為 established EBP 時，醫院間變異較小
2. **20% 的意涵**: 約五分之一的 LTVV 使用變異來自非病人因素，是 implementation program 可改善的空間
3.  **$< 8.0 \text{ mL/kg}$  閾值的結果**: ARDS 與非 ARDS 病人的 VPC 相近 (21% vs 25%)，顯示此閾值已被廣泛接受於所有機械通氣病人
4. **期望管理**: 若 implementation program 將 nonpatient factor 變異減半 (20%  $\rightarrow$  10%)，對整體 LTVV 使用率的影響可能仍然有限，因為 80% 變異來自病人因素

## 6 方法學限制與注意事項

### 6.1 量化分析無法回答的問題

1. 無法解釋「為什麼」：
  - 量化分析可指出變異主要在 ICU 層級
  - 但無法說明是哪些 CFIR constructs 造成變異
  - 仍需質性研究（訪談、觀察）來發掘具體原因
2. 決策歸屬的複雜性：
  - 部分病人可能在 ICU 外插管
  - Team medicine 情境下，EMR 記錄的 order 可能是團隊討論結果
3. **Unmeasured confounders:**
  - 本分析僅納入有限的病人變項
  - 未測量的決定因素可能影響 VPC 估計
  - 比較介入前後 VPC 時，需假設 unmeasured determinants 的影響維持恆定

### 6.2 技術考量

- 使用 latent response formulation 將 within 與 between hospital variance 轉換至相同尺度
- Bootstrap method (1,000 samples) 估計 VPC 差異的 confidence interval
- 當目標是量化各層級變異貢獻時，遺漏 unmeasured determinants 不會 bias VPC 估計

## 7 臨床實務建議

### Implementation Science 實務應用

#### Phase I: 量化評估

1. 使用 multilevel modeling 分析現有觀察性資料
2. 量化各層級（醫院、ICU、醫師、病人）對 EBP adoption 變異的貢獻
3. 決定 implementation program 應聚焦的層級

#### Phase II: 質性探索

1. 根據 Phase I 結果，聚焦於主要變異來源層級
2. 使用 CFIR 框架進行訪談、問卷
3. 識別該層級的具體 facilitators 與 barriers

#### Intervention Phase:

1. 設計針對性的 implementation program
2. 納入標準的 process monitoring 與 evaluation

#### Evaluation Phase:

1. 重新計算 VPC
2. 比較介入前後 nonpatient factor 變異的變化
3. 可與其他 implementation strategies 進行比較

## 8 結論

1. **結論一:** Practice variability 可透過 multilevel modeling 量化，區分為 patient factors 與 nonpatient factors 兩大來源。
2. **結論二:** VPC 可指導 implementation program 聚焦於最大變異來源，提高介入效率。
3. **結論三:** LOTUS-FRUIT 資料證實：當 EBP 有強證據支持時（ARDS + LTVV），醫院間變異較小（VPC 20% vs 34%）。
4. **結論四:** 量化方法應與質性研究（如 CFIR）互補，而非取代。
5. **結論五:** 此方法也可用於評估 implementation program 成效，並比較不同 implementation strategies。

**關鍵詞:** Implementation Science、Practice Variability、Multilevel Modeling、CFIR、Low-Tidal Volume Ventilation、ARDS、Variance Partition Coefficient

## 9 參考文獻

1. Turnbull AE, Zhang S, Colantuoni E, et al. Quantifying Practice Variability to Inform the Design of Implementation Programs in Critical Care and Assess Their Impact. *CHEST*. 2026;169(1):128-138.
2. Damschroder LJ, Reardon CM, Widerquist MAO, Lowery J. The updated Consolidated Framework for Implementation Research based on user feedback. *Implement Sci*. 2022;17(1):75.
3. The ARDS Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000;342(18):1301-1308.
4. Lanspa MJ, Gong MN, Schoenfeld DA, et al. Prospective assessment of the feasibility of a trial of low-tidal volume ventilation for patients with acute respiratory failure. *Ann Am Thorac Soc*. 2019;16(3):356-362.
5. Fan E, Del Sorbo L, Goligher EC, et al. An Official American Thoracic Society/European Society of Intensive Care Medicine/Society of Critical Care Medicine Clinical Practice Guideline: mechanical ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(9):1253-1263.
6. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *JAMA*. 2016;315(8):788-800.

## 10 縮寫對照表

縮寫	全名
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome (急性呼吸窘迫症候群)
ARF	Acute Respiratory Failure (急性呼吸衰竭)
CFIR	Consolidated Framework for Implementation Research (實施研究整合框架)
CI	Confidence Interval (信賴區間)
EBP	Evidence-Based Practice (實證醫學實務)
LOTUS-FRUIT	Low Tidal Volume Universal Support: Feasibility of Recruitment for Interventional Trials
LTVV	Low-Tidal Volume Ventilation (低潮氣容積通氣)
PBW	Predicted Body Weight (預測體重)
SOFA	Sequential Organ Failure Assessment (連續性器官衰竭評估)
VPC	Variance Partition Coefficient (變異分割係數)