

儒家倫理視域下 iPSC 自動化系統 人機關係的責任與信任建構

Responsibility and Trust Construction of Human-Machine Relationship in iPSC Automation Systems from the Perspective of Confucian Ethics

柳雲 戴曉暉

Liu Yun and Dai Xiaohui

柳雲，河北醫科大學馬克思主義學院教授及博士生導師，中國河北，郵編：050017。
Liu Yun, Professor and Doctoral Supervisor, School of Marxism, Hebei Medical University, Hebei, China, 050017.

戴曉暉，河北醫科大學馬克思主義學院副教授，中國河北，郵編：050017。
Dai Xiaohui, Associate Professor, School of Marxism, Hebei Medical University, Hebei, China, 050017.

《中外醫學哲學》XXIV:1 (2026 年)：頁 29-45。
International Journal of Chinese & Comparative Philosophy of Medicine 24:1 (2026), pp. 29-45.

© Copyright 2026 by Global Scholarly Publications.

摘要 Abstract

高科技如誘導多能幹細胞 (iPSC) 的臨床轉化所依賴的自動化細胞培養、AI 質控及手術輔助機器人，引發了責任歸屬模糊與信任的倫理難題，傳統以人為中心的倫理框架難以有效回應人機互動中的“黑箱決策”與責任彌散問題。本文從儒家“仁、義、禮、信”出發，提出關係性人機倫理分析框架：以“義”與“禮”明確開發者、操作者、監管者的分布式責任邊界；以“仁”與“信”論證信任不僅源於技術可靠性，更植根於人-機-機構關係中的誠意與仁心。進而提出“人技有義、人技有信”的倫理秩序，並從設計、應用、審查、監管四個層面給出實踐路徑。本文旨在為高技術醫療時代的人機關係提供植根於中華優秀傳統文化的倫理智慧，推動 iPSC 技術在“仁智合一”的軌道上健康發展。

The clinical application of induced pluripotent stem cells (iPSCs) increasingly depends on automated technologies, including robotic cell culture, artificial intelligence-assisted quality control, and surgical support systems. These technologies improve efficiency and precision, but they raise ethical concerns regarding the attribution of responsibility and the basis of trust in human-machine interaction. Existing human-centred ethical approaches cannot fully address black-box decision-making or the diffusion of responsibility in technologically mediated medical practice. Drawing on the Confucian concepts of *ren*, *yi*, *li*, and *xin*, this paper develops a relational framework for analysing human-machine ethics. It argues that *yi* and *li* can help define the responsibilities of developers, operators, and regulators, while *ren* and *xin* suggest that trust depends not only on technical performance but also on sincerity and benevolence in human-machine-institutional relations. On this basis, the paper proposes an ethical order of ‘human-technology with righteousness’ and ‘human-technology with trustworthiness’ and discusses practical implications for design, application, review, and

regulation. The study aims to contribute a Confucian ethical perspective to the governance of advanced medical technologies and to support the responsible development of iPSC-related systems.

【關鍵字】 誘導多能幹細胞 自動化機器 人機關係 儒家倫理

Keywords: Induced pluripotent stem cells, automation, human-machine relations, Confucian ethics

誘導多能幹細胞 (iPSC) 技術自 2006 年山中伸彌團隊突破以來，已成為再生醫學領域最具前景的方向之一。與胚胎幹細胞不同，iPSC 可從患者體細胞重編程獲得，避免了免疫排斥與倫理爭議，在黃斑變性、帕金森病、脊髓損傷、糖尿病等疾病的治療探索中取得了令人矚目的進展 (Mallapaty 2025)。然而，iPSC 從實驗室走向臨床的轉化過程，面臨著標準化、規模化、質量控制等一系列嚴峻挑戰。自體 iPSC 產品製備周期長、成本高昂、批次間差異大，異體移植則需更嚴格的安全性篩查 (戴曉暉、柳雲 2025)。這些挑戰的解決，高度依賴一系列高技術機器的深度介入。

具體而言，iPSC 自動化生產與應用所依賴的關鍵機器包括：自動化細胞培養與傳代系統，其自動完成培養基更換、細胞傳代、溫濕度控制及全程記錄，實現大規模、標準化的 iPSC 擴增。AI 影像質控與基因篩選系統，其主要基於深度學習算法，自動識別 iPSC 的形態、邊界、分化狀態，剔除異常或分化不完全的細胞，判定合格以供後續使用。流式細胞儀與高通量基因測序儀，能夠自動化進行細胞表面標志物檢測、遺傳穩定性分析、致瘤性相關基因表達篩查。手術輔助機器人如達芬奇手術系統，可以在細胞移植環節輔助醫生進行精準定位注射，減少人為誤差。如果沒有這些自動化設備，iPSC 的大規模製備和臨床轉化將難以實現。

一、機器應用引發的人機關係新特徵

iPSC 技術的特徵隨著技術的發展不斷發生變化，然而，機器的深度介入並非只是技術層面的進步。它從根本上改變了傳統醫療活動中“人—人”（醫生—患者）和“人—工具”（醫生—手術刀）的倫理結構，形成了新型的“人—機—人”（醫生—機器—患者）關係網絡。這種新型關係呈現出幾個值得倫理學關注的特徵。

第一，決策權的轉移。在傳統模式下，細胞狀態的判斷、細胞篩選的決策，由經過長期訓練的技術人員或醫生來做。而在 AI 質控系統中，算法可以自主判定一個 iPSC 是否合格、是否可用於臨床。技術操作人員往往只需啟動程序並接收結果，並不參與具體的決策過程。機器從執行指令的工具轉變為做出判斷的決策者。

第二，操作的黑箱化。深度學習模型雖然在圖像識別等任務上表現出較強的準確性，但其內部推理過程往往是不透明的。臨床醫生也無法直觀理解為什麼 AI 認為這個細胞是安全的，而那個細胞是有風險的。這種黑箱特徵在緊急情況下尤其令人不安——當機器做出一個出人意料的判定時，人類甚至無法追溯其理由（Lundberg and Lee 2017）。

第三，責任鏈條的延長與彌散。當一台機器“犯錯”時，責任不再簡單地歸屬於操作現場的醫生或技師。它可能追溯到算法的設計者、訓練數據的提供者、機器的製造商、維護的工程師，乃至採購該機器的醫療機構。這種責任鏈條的延長，在實際追責中往往導致責任的彌散——每個人都覺得自己只承擔了一小部分責任，沒有人認為自己負有全部責任（Matthias 2004）。

第四，信任對象的轉變。在傳統醫療實踐中，患者的信任主要指向醫生個人的專業能力與道德品行。而在機器深度介入的場景下，患者需要信任的是一個複雜的“人—機系統”，即機器是否可靠？編寫算法的人是否足夠謹慎？使用機器的醫療機構是否

嚴格執行了校驗流程？這種複合型的信任需求，超出了傳統醫患關係的處理範圍。

iPSC 自動化機器應用所引發的兩大核心倫理問題：其一，責任問題。當機器出錯，如 AI 篩選系統誤將攜帶致瘤突變的細胞判為合格，導致患者移植後發生腫瘤，責任應如何歸屬？是算法工程師的責任、技術操作人員的責任、醫療機構的責任，還是機器本身應承擔某種責任的問題。當患者面對機器的黑箱決策，憑什麼信任機器生成的產品是安全的？信任的基礎是技術可靠性，還是另有其根基？這些問題無法僅靠技術手段或現有法律框架得到圓滿解決。我們需要一種能夠容納“關係性思維”的倫理判斷依據，將責任與信任置於具體的人際、人機關係網絡中加以理解。儒家倫理提供了這樣一種理論基礎。儒家以“仁”為核心，以“義”定分，以“禮”規範，以“信”立誠，為理解人一機一人之間的角色、責任與信任問題提供了豐富而深刻的理論來源（安樂哲 2017; 李澤厚 2023; 楊伯峻 2018; 2018; 王文錦 2016）。本文旨在儒家“仁、義、禮、信”的框架下，重新審視 iPSC 自動化機器應用中的責任與信任問題，為人機關係的倫理反思提供一種植根於中華優秀傳統文化的解決路徑。

二、以儒家的“義”與“禮”為核心：機器應用中的責任歸屬

1. 典型責任困境場景：日本首個 iPSC 臨床試驗中的突變事件

日本在 iPSC 干預性臨床試驗領域處於領先地位，開展了多項以治療為目的的 iPSC 臨床試驗，其結果總體上是樂觀的，但是也出現了一些不可控的問題。日本一項關於 iPSC 角膜病變的臨床試驗因所植細胞出現基因突變，導致試驗被緊急叫停。這是一項探索 iPSC 衍生細胞移植治療大疱性角膜炎的早期臨床試驗。研究參

與者接受了 iPSC 移植，術後情況良好，未出現嚴重不良事件。然而，一年後當研究團隊再次對該患者的移植細胞進行基因檢測時發現，所移植 iPSC 的 EP300 基因發生了某種突變(Hirayama et al. 2025)。這個案例提出了幾個關鍵的倫理問題。

首先，突變究竟發生在哪一個環節？是 iPSC 重編程階段、擴增培養階段，還是分化階段？其次，現有的質量控制體系包括基因測序為何未能更早地發現這一突變？是在移植前已經存在但未被檢測到，還是在移植後處理過程中才發生的？更深層次的問題在於責任歸屬。誰應該為這一試驗的中斷負責？是 iPSC 庫的提供者？是自動化培養設備的生產商？是負責擴增培養的技術操作人員？是制定質控方案的研究者？還是批准該方案的倫理委員會和監管機構？如果突變是隨機發生且無法通過現有技術手段預見，那麼是否應該認為這是一種不可避免的技術風險？如果是，誰應該承擔這個風險造成的損失，包括試驗中斷帶來的資源浪費？這些問題並非純粹的技術問題，而是深刻的倫理問題。它們涉及人機關係中責任的分配，在高度自動化的 iPSC 生產流程中，當“意外”發生時，我們既不能簡單地歸咎於機器（機器不是道德主體），也不能無條件地歸咎於某個個人（可能沒有人違反操作規範）。我們需要一種能夠容納“分布式責任”的倫理框架。而儒家“義”與“禮”的理論，可以為我們提供不同於現有個體歸責模式的思路。

2. “義”作為角色責任：人—機網絡中的各安其位

儒家倫理為解決這一問題提供了一種不同於西方個體歸責模式的思路。儒家的核心概念之一是“義”。《中庸》云：“義者，宜也。”孟子進一步闡釋：“仁，人心也；義，人路也。”（《孟子·告子上》）“義”不是抽象的道德原則，而是在具體關係中、根據自身角色和處境而採取的恰當行動。在儒家看來，責任不是尋找一個終極過錯方，而是根據行動者在關係網絡中的角色、能力和對風險的預見可能性，劃定分內之責。這是一種角色倫理，

而非將個體視為孤立的責任理論。將這一視角應用到上述場景中，我們無需陷入“要麼全責要麼無責”的二元困境，而是可以構建一個分布式責任模型，明確不同主體在其角色範圍內的“義”。

第一，開發者之“義”，設計體現“仁心”。算法開發者的首要之“義”，不在於保證系統萬無一失，而在於以敬慎的態度預見可預見的風險，並提供相應的機制。儒家強調“敬事而信”

（《論語·學而》），對待技術工作應當有敬畏之心。具體而言，開發者在訓練 AI 時，應主動引入對抗性樣本和罕見變異的測試集，盡可能覆蓋邊緣情況。這是對不傷害原則的技術落實。開發者應為系統設置不確定性評估功能。當算法對某一細胞的判定可靠度低於閾值時，不應自主決策，而應人機共同決策。這體現了儒家“知之為知之，不知為不知”的誠實態度。開發者應提供可解釋性接口，使技術操作人員能夠追溯算法的判定依據，而非完全黑箱。這是對使用者“知其所以然”之權利的尊重。如果開發者在設計時未盡到上述合理努力，那麼他就違背了“義”——不是因為他導致了最終損害，而是因為他沒有在自身角色範圍內盡到應盡的謹慎義務。

第二，技術操作人員之“義”，使用合乎“禮”。技術操作人員的“義”，在於按照規範流程使用機器，並在必要時作出判斷。儒家“禮”是對行為的具體規範，“非禮勿視，非禮勿聽，非禮勿言，非禮勿動”（《論語·顏淵》）。技術操作人員的“禮”包括嚴格執行每日 / 每周的機器校驗程序，確保傳感器、算法版本、校準參數處於有效狀態。對 AI 判定為合格但技術人員感覺存疑的細胞，主動進行人工覆核。雖然標準操作流程（SOP）未作要求，但儒家主張“見義不為，無勇也”（《論語·為政》）。當合理的懷疑出現時，技術操作人員有義務進行謹慎判斷。在發現系統異常時，及時上報並暫停使用，不得因追求效率而忽視安全。在上述場景中，如果技術操作人員確實未觀察到任何可疑迹

象，則不應承擔失責之咎。但這並不意味著他沒有“義”——他的“義”已經在日常校驗和警惕觀察中履行了。

第三，監管者之“義”，審查落實規範。醫療機構倫理委員會和監管部門的“義”，在於對機器系統的引入和使用進行恰當的倫理審查與持續監督。這要求他們具備足夠的技術理解能力，不能將審查形式化。更重要的是，他們應制定明確的規範，以“禮”的形式規定人機職責劃分。具體而言，倫理委員會在審批項目時，必須審查機器的算法透明度和不確定性處理機制。應要求研究團隊制定“人機職責表”，明確哪些決策可由機器自主做出、哪些必須由人工確認。建立不良事件的強制報告和回溯分析制度，確保每一次機器相關的不良事件都能得到認真調查。

3. “禮”作為行為規範：為人機關係立規矩

在儒家傳統中，“禮”與“義”相輔相成。“義”是內在的、關於恰當性的判斷；“禮”是外在的、規範行為的制度與禮儀。“禮之用，和為貴。”（《論語·學而》）禮的功能是建立秩序、促進和諧。在人機關係領域，我們同樣需要一套“禮”，即規範人機互動的具體制度與 SOP，使責任不是事後追認，而是事前明晰。我們可以將“禮”在 iPSC 自動化機器應用中的要求具體化為以下幾個層面：

第一，設計規範層面的“禮”。機器製造商應遵循行業倫理標準，例如，在算法中嵌入不確定性閾值和人工覆核機制。這些設計要求應像“禮”一樣成為行業通行的規範，而非個別企業的自願行為。第二，操作流程層面的“禮”規範。使用 iPSC 自動化機器的機構，必須制定並嚴格執行 SOP，明確規定機器自主決策的範圍、人工覆核的條件、異常情況的處理流程和責任報告鏈條。技術操作人員的每一步都應有章可循，正如儒家強調的“非禮勿動”。第三，責任追溯層面的“禮”。應建立制度化的責任記錄機制，每批次產品的機器決策包括判定依據、可靠度、是否人工覆核等都應留痕保存，以便在不良事件發生時進行回溯。這是

“禮”中“慎終追遠”（《論語·學而》）精神的體現。第四，倫理審查層面的“禮”。倫理委員會在審查涉及自動化機器的研究項目時，應有一套標準化的審查清單，不遺漏關鍵倫理議題，如透明性、可追溯性、責任分配等。

通過將“義”的精神（各安其位、各盡其責）與“禮”的制度（具體規範、可操作流程）結合起來，構建一個清晰的責任分配框架。在上述場景中，責任配置可以明確為，一是算法開發者。若未設置不確定性估計與可解釋性接口，則承擔主要責任（設計缺陷）。二是技術操作人員。若嚴格執行了校驗流程且無合理懷疑，則無責；若有可疑迹象而未覆核，則承擔次要責任。三是醫療機構（使用者）。若在引進系統時未要求開發者提供可解釋性證明，或未制定明確的人機職責 SOP，則應承擔一部分機構責任。四是機器本身引發的問題。建議建立技術事故基金，由生產商和用戶共同注資，用於補償無法歸責於特定個人的罕見損害。

這種責任配置不是簡單地將損害後果攤派給各方，而是基於儒家“義”的思維與“禮”的制度，各安其位、各盡其責，並以明確的規範加以保障。正如《大學》所言：“為人君，止於仁；為人臣，止於敬；為人子，止於孝；為人父，止於慈；與國人交，止於信。”（朱熹 2012）每個人（以及機構）在其角色上都有應達到的倫理標準。責任不是追溯錯誤或災難的“起因”，而是評估各方是否盡到了與自身角色相稱的謹慎與善意。

三、以儒家的“仁”與“信”為核心：機器應用中的信任建構

1. 信任困境：從可靠到可信賴

如果說責任問題是關於事後如何追責，那麼信任問題則是關於事前何以托付。在 iPSC 自動化機器的應用中，患者面臨的不僅是對技術可靠性的質疑，更是一種深層的信任困境。設想一位患

者被建議接受 iPSC 衍生細胞移植。醫生告訴他：“您的細胞將由機器人自動培養，由 AI 篩選合格細胞，移植由手術機器人輔助完成。整個過程幾乎沒有人工干預。”患者可能由此感到不安，我怎麼知道機器沒有誤判？我憑什麼相信一個我看不懂、摸不透的黑箱？

這種不安不能被簡單地歸結為患者不理解技術。即使患者被告知 AI 準確率達到 99.9%，他仍然可能追問，這個 99.9% 是基於什麼數據算出來的？那些數據是否包括我這樣的人？如果發生那 0.1% 的錯誤，誰來負責？這裏需要區分兩個重要概念：可靠性與可信賴性。可靠性是技術屬性，可以通過統計學驗證。可信賴性是關係屬性，涉及價值承諾、透明性和責任承擔。一個技術系統可以很可靠，比如，一台從未出錯的自動售貨機，但人們未必會信賴它，即使在面對不確定性時，人們也願意基於對方的善意而托付。患者需要的不是冷冰冰的 99.9%，而是有人能對他說：“我們以最大的誠意確保您的安全，如果出了問題，我們會負責到底。”在儒家看來，信任的根基恰恰在於後者——誠意與責任。這正是“仁”與“信”的核心議題。

2. “仁”作為信任的根基

儒家論“信”，從不孤立地談。《論語》記載：“子張問仁於孔子。孔子曰：‘能行五者於天下，為仁矣。’請問之。曰：‘恭、寬、信、敏、惠。’”（《論語·陽貨》）在這裏，“信”被納入“仁”的德目之中，是“仁”的具體表現之一。換言之，儒家式的信任，其最終的根據不是技術能力，而是道德主體之間的仁愛與誠意。將這一思想移植到人機關係場景中，我們可以得出一個看似反直覺却十分深刻的結論，患者最終信任的對象，不是機器本身，而是使用機器的人及其背後的仁心。患者之所以願意接受 AI 篩選的細胞，不是因為他相信 AI 有“良心”，而是因為他相信，研發 AI 的工程師是以患者安全為首要目標的，使用

AI 的醫療機構是嚴格執行倫理規範的，監督 AI 的監管部門是認真負責的。機器是這些人類主體信任的傳導體，而非信任的終點。這可以稱為信任的間接性命題，在高度技術中介化的醫療活動中，患者的信任指向的是一個“人—機—機構”複合體，其中人的道德品質是信任的基礎。機器的可靠性是必要條件，但不是充分條件。只有當患者感知到背後人類的誠意時，信任才能建立。例如，日本在 iPSC 臨床試驗中採用了一種審慎的策略，首例患者移植後，由獨立數據監察委員會評估通過後，再逐例入組下一位患者（柳雲、戴曉暉 2025）。這種做法向患者傳達了一個明確信號：“我們對不確定性保持敬畏，我們不會為了速度而犧牲安全。”這正是一種儒家式的“敬慎”態度，它建立信任的方式不是宣稱機器絕對可靠，而是展示我們非常謹慎。

3. “信”的實踐：從誠意到制度的信任鏈條

儒家之“信”不僅是內心的誠實，也要求外在的可兌現。“信近於義，言可複也。”（《論語·學而》）意思是，承諾如果接近於道義，那麼諾言就可以兌現。換言之，可信賴的信任需要有制度性的保障，使其不會淪為空洞的許諾。在 iPSC 自動化機器的場景中，落實“信”的要求，需要以下幾項制度安排：

第一，透明化原則，以“誠”立信。機器的關鍵決策如細胞的合格 / 不合格判定，應能夠向用戶提供可理解的解釋。這不是要求 AI 公開全部源代碼，而是要求提供決策依據，例如，哪些形態特徵導致了該判定？算法對此判定的可靠度是多少？是否存在訓練數據未覆蓋的新型特徵？這種透明性是儒家“誠”的外在表現，即不隱藏不確定性，也不誇大能力。

第二，可追溯性原則，以“實”固信。每台機器、每批次產品、每次關鍵決策都應留有完整的電子記錄，包括時間、參數、算法版本、技術操作人員簽字、覆核記錄等。當不良事件發生時，這些記錄是回溯責任、重建信任的前提。儒家強調“慎終追遠”，

對行為的後果保持審慎，並能追溯其源頭，這是負責任態度的體現。

第三，倫理審查的實質性介入，以“公”維信。在引入新型自動化機器之前，倫理委員會應審查其算法透明度和可解釋性，並特別關注罕見情況下的應對機制。倫理委員會中應有患者代表或公眾代表，他們可以從非專業視角提出關於信任的問題。正如《禮記·中庸》所言：“君子之道，造端乎夫婦；及其至也，察乎天地。”倫理審查要從最樸素的倫理原則出發，逐步深化。

第四，責任機制的明確告知，以“責”保信。患者有權知道，如果因機器原因導致損害，將如何補償？責任歸屬是否清晰？這種告知本身就是信任建構的重要環節。儒家“信”要求言必行、行必果。如果醫療機構或生產商回避責任承諾，那麼無論機器多麼可靠，信任都將難以建立。

4. 機器的“仁”之可能：從設計倫理到仁術

機器本身能否體現“仁”？乍看之下，機器沒有心靈，沒有情感，似乎與“仁”無緣。但儒家傳統中有一個重要的概念“仁術”，即仁愛之心通過某種技術或行為體現出來。技術本身不是仁，但技術可以成為仁的載體。因而，iPSC 自動化機器的設計可以體現“仁”的理念。例如，在算法中嵌入傷害最小化原則，當不確定性較高時，寧可“假陽性”（錯誤地判為不合格）也不要“假陰性”（錯誤地判為合格）。這是對儒家“過勿憚改”的另一種詮釋，寧可暫時損失一個可用細胞，也不冒險傷害患者。設計人機協作而非人機替代模式，機器自主決策被限制在低風險環節，高風險決策如最終放行必須有人類確認。這體現了“仁者愛人”要求最終控制權掌握在具有道德判斷能力的人手中。在用戶界面中主動顯示不確定性和風險提示，而不是用簡潔的合格二字掩蓋複雜性。這是對患者知情權的尊重，也是一種“誠”的表現。當機器以這種方式被設計時，設計者將“仁”植入了機器，不是賦予機器心靈，而是使機器成為仁愛意圖的物化載體。這是儒家

“仁智合一”思想在技術時代的延伸，技術需要服務於人的福祉，兩者不可失衡。

四、儒家視域下的人機關係倫理重構路徑

1. 儒家角色倫理的擴展：將機器納入關係網絡

儒家倫理本質上是關係性的。它不是從抽象個體出發，而是從“五倫”——君臣、父子、夫婦、兄弟、朋友等人際關係出發，探討不同角色應遵循的德性與規範。當代學者安樂哲（Roger T. Ames）將儒家倫理概括為角色倫理，強調人的道德身份由其在關係網絡中的位置所塑造。本文主張，在高度技術中介化的醫療時代，有必要對儒家關係網絡進行擴展，將“人—機”關係作為一種准倫理關係納入考量。這並不是說機器成為倫理主體，而是說人機互動關係已經成為影響患者福祉、責任分配和信任建構的實質性因素，因而需要倫理反思的介入。在擴展後的關係網絡中，機器的角色由其與人類使用者的互動模式所定義。而儒家的“義”、“禮”、“仁”“信”則分別對應著人機關係中的不同維度。“義”回答機器和人在人機關係中應各擔什麼責任？“禮”回答人機互動的規範流程是什麼？“仁”回答人機系統應以何種目的為指向？“信”回答患者何以信賴這一系統？

2. 人技有義、人技有信：建立倫理秩序

基於上述分析，我們提出一個儒家視角下的人機關係倫理準則，概括為“人技有義、人技有信”。這是對傳統“人倫”概念的類推與擴展。人技有義即人與技術，尤其是具有自主性的機器之間應當建立一種“義”的關係，即各安其位、各盡其責。機器的“位”是輔助者，人的“位”是決策者與最終責任承擔者。人不應把本該自己承擔的道德責任推卸給機器，機器也不應被賦予超出其“名分”的自主權。而這種職責劃分，需要通過“禮”來

加以制度化。人技有信即人與技術之間應當建立一種“信”的關係。這意味著技術的設計者與使用者應以誠意對待患者，不隱瞞不確定性，不誇大能力；患者則應獲得充分的信息與保障，從而能夠形成合理的信任，而非盲從或全盤否定。“人技有義、人技有信”不是要建立一種神秘的人機情感紐帶，而是要確立一種清晰的倫理秩序。儒家重視“禮”對秩序的維護功能，正如《論語》所言：“不學禮，無以立。”在技術倫理領域，同樣需要一套“禮”，即規範人機互動的具體制度與程序，使“義”與“信”能夠落地。

3. 基於儒家倫理的 iPSC 高技術機器應用的實踐路徑

第一，在設計環節，將“仁”嵌入機器，進行價值敏感性設計。價值敏感性設計是一種將人類價值系統地融入技術設計的方法論。儒家倫理可以為其提供具體的內容，在 iPSC 自動化機器的算法中，應將“仁愛”“不傷害”“敬慎”等價值轉化為可操作的技術參數。參數設定時，賦予“假陰性”（漏掉高風險細胞）比“假陽性”（錯誤剔除合格細胞）高得多的權重。這體現了“仁”的優先性，即寧可損失效率，也不冒險傷害患者。設置不確定性閾值，當算法判斷可靠度低於預設值時，自動轉入人工覆核流程。這是“敬慎”態度的技術化表達。設計可解釋性模塊，向技術操作人員展示算法判定所依據的細胞形態特徵。這是“誠”的體現，不把決策過程隱藏為不可知的黑箱。

第二，在應用環節，以“禮”規範流程，制定倫理化 SOP。SOP 是技術應用中的“禮”。儒家主張“禮者，理也。”（《禮記·仲尼燕居》）禮是合理行為的規範。iPSC 自動化機器的 SOP 不能僅限於技術參數，還應當包含明確的倫理要求。建議的倫理化 SOP 條款包括，一是人機職責劃分表，明確哪些環節由機器自主決策、哪些環節需人工確認、哪些環節禁止機器決策。二是異常處理規程，當機器報警或不確定性超閾值時，技術操作人員必須執行的人工覆核步驟。三是停用與報告機制，當機器出現可疑

行為如連續多次誤判時，技術操作人員有權暫停使用並向上級及倫理委員會報告。四是倫理巡查制度，倫理委員會定期檢查機器使用記錄，評估其是否符合倫理 SOP。這些規範不僅是技術管理工具，更是倫理責任的制度化體現。它們使“義”與“信”不再是抽象的道德口號，而成為可執行、可監督的行為準則。

第三，在審查環節，以“義”明確責任，繪就倫理責任圖譜。倫理委員會在進行項目審查時，應要求研究團隊提交一份倫理責任圖譜。該圖譜需明確，其一，在 iPSC 產品的全生命週期中，哪些主體如開發者、製造商、醫療機構、技術操作人員、醫生等在哪些環節承擔何種責任。其二，對於不同類型的故障如算法偏差、傳感器失靈、操作失誤、維護不當等，責任在各主體之間的分配比例或順序。其三，責任分配的倫理依據，例如，基於預見可能性、控制能力、受益程度等。儒家“義”的精神要求，責任分配應符合“宜”的原則，即根據各方在關係網絡中的實際角色與能力，合理地劃分責任。責任圖譜一旦制定，應作為倫理審查通過的前提條件，並在臨床試驗的知情同意書中向患者明確告知。

第四，在監管環節，以“禮”與“法”相結合，推動制度建設。當前，我國對 iPSC 自動化機器的倫理與法律地位尚無明確規定。現行法規對幹細胞產品的監管採用“雙軌制”，但並未對自動化機器在其中的角色進行專門規範（柳雲、戴曉暉 2025）。這種規範缺失的狀態，正是責任混亂與信任缺失的根源之一。建議政策制定者借鑒儒家“禮”的精神，建立行業規範與法律制度，由行業協會牽頭制定相關指南，作為行業“禮”的規範。該指南應涵蓋算法透明性、人機職責劃分、不良事件報告、責任保險等關鍵議題。在法規層面，明確醫療自動化機器屬“輔助性技術工具”，其設計者、製造者、使用者各自承擔與其角色相應的責任。不賦予機器法律主體地位，但建立技術事故無過錯補償基金，用於補償因機器罕見故障導致，且無法明確歸責於某一主體的損害。這一基金的設立體現了儒家的“仁政”理念，當技術風險超

出個體控制範圍時，社會共同體有責任共擔損失。要求所有用於臨床的 iPSC 自動化機器必須通過倫理可解釋性認證，即其關鍵決策必須能夠向非專業用戶提供基本可理解的解釋，且算法須通過對抗性測試以評估其邊緣情況的穩健性。

五、結語

綜上所述，本文基於儒家“仁、義、禮、信”的視角，對 iPSC 自動化系統中高技術機器的責任歸屬與信任建構進行了倫理分析。責任問題不應簡化為對“機器出錯”的技術歸因，而應從分布式責任的思路出發，將其理解為不同主體在關係網絡中按照各自角色與能力所應承擔的義務。信任問題也不只是技術可靠性的簡單對應物，它更依賴於設計者、使用者和監管者所展現的“仁心”與“誠意”，以及制度層面的透明與可追溯性。儒家倫理提供了“義以定分、禮以立規、仁以立基、信以踐諾”的分析框架，能夠有效回應人機互動中的責任彌散與信任黑箱困境。在此基礎上，本文提出“人技有義、人技有信”的倫理秩序，並從設計、應用、審查、監管四個環節給出可操作的實踐路徑。技術之“智”需以“仁”為嚮導，使自動化機器成為仁愛意圖的協作者而非替代者。將倫理前置並持續嵌入真實醫療場景，方能使 iPSC 技術在“仁智合一”的方向上健康發展，也為全球技術倫理對話貢獻植根於中華優秀傳統文化的智慧方案。

參考文獻 References

- 王文錦：《禮記譯解》，北京：中華書局，2016 年。Wang, Wenjin. 2016. *An Annotated Translation of the Book of Rites*. Beijing: Zhonghua Book Company.
- 安樂哲：《儒家角色倫理學》，孟巍隆譯，濟南：山東人民出版社，2017 年。Ames, Roger T. 2017. *Confucian Role Ethics: A Vocabulary*, translated by Meng Weilong. Jinan: Shandong People's Publishing House.
- 朱熹：《四書章句集注》，北京：中華書局，2012 年。Zhu, Xi. 2012. *The Collected Commentaries on the Four Books*. Beijing: Zhonghua Book Company.
- 李澤厚：《論語今讀》，世界圖書出版社，2023 年。Li, Zehou. 2023. *Reading the Analects Today*. World Book Publishing.
- 楊伯峻：《孟子譯注》，北京：中華書局，2018 年。Yang, Bojun. 2018. *Translation and Annotation of the Mengzi*. Beijing: Zhonghua Book Company.
- 楊伯峻：《論語譯注》，北京：中華書局，2018 年。Yang, Bojun. 2018. *Translation and Annotation of the Analects of Confucius*. Beijing: Zhonghua Book Company.
- 戴曉暉、柳雲：〈誘導多能幹細胞臨床應用的技術風險與倫理先行〉，《醫學與哲學》，2025 年，第 46 卷，第 16 期，頁 14-18。Dai, Xiaohui, Liu Yun. 2025. "Technical Risks and Ethical Prioritization in the Clinical Application of Induced Pluripotent Stem Cells." *Medicine and Philosophy* 46(16): 14-18.
- Hirayama, Masatoshi, Shin Hatou, Masaki Nomura, Risa Hokama, Osama Ibrahim Hirayama, Emi Inagaki, et al. 2025. "A first-in-human clinical study of an allogenic iPSC-derived corneal endothelial cell substitute transplantation for bullous keratopathy." *Cell Reports Medicine* 6(1): 101847. doi.org/10.1016/j.xcrm.2024.101847.
- Lundberg, Scott M., and Su-In Lee. 2017. "A Unified Approach to Interpreting Model Predictions." *Advances in Neural Information Processing Systems* 30: 4768-777. doi.org/10.48550/arXiv.1705.07874.
- Mallapaty, Smriti. 2025. "Japan's big bet on stem-cell therapies might soon pay off with medical breakthroughs." *Nature* 640(8059): 584-587. doi.org/10.1038/d41586-025-01143-7.
- Matthias, Andreas. 2004. "The responsibility gap: Ascribing responsibility for the actions of learning automata." *Ethics and Information Technology* 6(3): 175-183. doi.org/10.1007/s10676-004-3422-1.