

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMN1090409

學門專案分類/Division：醫護

執行期間/Funding Period：2020/08/01~2022/01/31

(計畫名稱/Title of the Project)

將三維列印與醫學影像導入小動物骨科精準醫療之教學實踐研究

(Three-dimensional printing models for learning how to identify bone anatomy and diagnosis small animal angular limb deformity)

(配合課程名稱/Course Name)

骨再生醫學概論

Current concepts in bone regeneration

計畫主持人(Principal Investigator)：劉以立

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

國立台灣大學 臨床動物醫學研究所

成果報告公開日期：

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022/03/16

(計畫名稱/Title of the Project)

將三維列印與醫學影像導入小動物骨科精準醫療之教學實踐研究

(Three-dimensional printing models for learning how to identify bone anatomy and diagnosis small animal angular limb deformity)

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

隨著科技的進步，社會結構的改變，寵物滿足了少子化、高齡化和晚婚所帶來的寂寞商機。寵物產業市場需求量逐年快速成長，市場產值將達 200 億台幣，同時獸醫院的經營型態也朝向科技化、專業分科和精緻、多元化發展，因而讓小動物骨外科的專科(AOVET)逐漸成形。在 AOVET 的專科訓練中，包含了一系列使用假骨的實作練習，讓獸醫師能模擬手術治療不同種類的小動物骨科疾病，而有更好的實際臨床表現。而現今獸醫系小動物臨床骨科相關的課程中，主要授課方式為教科書及文獻整理的探討，影像及影片的判讀，相關骨科病例的介紹。以上教學方式對於學生仍欠缺實務上操作的經驗之外，透過影像的教學仍然無法對於複雜解剖構造，病理現象或骨折型態有充分的了解。所以在面臨實際病患之前，讓學生能對疾病有更好的理解或是練習方式，是現今小動物骨科教學努力的方向。

小動物骨科教學中，辨認骨頭的基本解剖構造為最重要的基礎，其次為醫學影像的判讀。傳統解剖學教學方式的黃金標準是使用大體老師的實際解剖，透過此方式瞭解解剖構造的空間關係。然而大體老師的取得困難與倫理的問題，使得實際教學上有其限制(1)。在獸醫學的教育方面，常是特殊動物疾病，種別差異性極多的情況下，讓大體老師取得更加困難。另一方面，透過醫學影像診斷小動物骨科疾病為目前臨床的標準方式，然而二維的 X 光影像來進行骨科疾病診斷及術前規劃已漸漸不符實際臨床需求，難以滿足飼主的期望，特別是骨頭畸形診斷或切骨手術的治療。尤其在小動物體型差異極大(1~40kg)的情況，超小型犬貓的骨科疾病診斷非常困難且具有挑戰性，因此小動物骨科教學需要發展更好的教學模式。

由於電腦斷層掃描設備的普及化，電腦設備的精進以及 3D 印表機的快速發展，使客製化技術與電腦輔助術前規劃開始大行其道。3D 列印製造技術在醫學方面可以應用在一般醫學教育，手術教學與病患教育。且列印的 3D 模型可用來協助解剖教學，模擬術前規劃，術中導引以及術後評估。進一步幫助醫師了解解剖和病理，並改

善新手醫師的技術和自信(2)。雖然電腦輔助與 3D 列印製造技術大幅精進，但是在國內獸醫的教育課程中仍然不普及，在使用 3D 列印製造技術輔助獸醫骨科教學的研究目前僅有兩篇論文，研究結果皆顯示 3D 列印製造技術可以取代大體模型，幫助獸醫系學生和獸醫外科專科醫師有效地學習診斷骨科疾病(1,3)。因此持續研究如何利用 3D 列印製造技術，來開發新的方式改善獸醫教育是值得探討的領域。

本教學實踐研究目的為開發一種新的教學模式，透過一系列的介紹 3D 列印製造的基礎理論，獸醫臨床病例介紹，以及一系列的實作課程，橫跨醫學工程和獸醫領域，讓獸醫系學生有效利用此工具來學習動物解剖及臨床病例診斷。教學內容著重在跨領域教授四個主題：a.骨再生醫學材料，b.骨畸形的診斷與骨矯正生物力學，c.三維影像概論與軟體應用，d. 3D 列印的理論與臨床病例模擬實作。實施對於學生學習成效與學習滿意度的調查。最後再比較學生在課程前後是否有顯著增加學習成效。

2. 文獻探討(Literature Review)

臨床病例教材選擇: 臨床上犬隻四肢畸形常見位置有橈尺骨，股骨和脛骨。這一類型疾病多發生於軟骨發育不良品種的成長期犬隻，若早期診斷與手術治療能讓動物恢復接近原本正常的功能，否則最終會造成肢體嚴重變形(4,5)。然而在動物年幼時透過二維影像來辨認其特定解剖位置，來診斷此類年幼病患的骨骼變形方向非常的困難。因為骨畸形不一定只有單一平面的變形，且 x 光照射的不同角度會使診斷有極大的差異，即使是有經驗的臨床醫師也不一定能確診。因此當然獸醫系學生在理解與診斷骨變形方向的學習也有極大障礙。所以針對長骨畸形診斷教學方面，選擇三例病例如下：(A) 犬前肢橈尺骨畸形診斷非常複雜且困難，常見於軟骨發育不全的犬隻。顯示橈骨在同一平面會有兩端點不同方向的變形，以及合併旋轉變形(4)。(B) 犬股骨畸形常見於小型犬隻的四級嚴重膝蓋骨內側脫臼，而在 2018 年的論文中，已經將 3D 列印製造技術應用在臨床犬隻切股骨矯正的手術導板與復位導板(5)。(C) 脛骨內側軟組織覆蓋較少，臨床上骨折後較容易出現癒合不良或畸形的狀況(6)。

3D 列印的教學研究: 3D 列印模型可以提供解剖和病理狀態的觸覺回饋和實際深度資訊，讓醫師能對病變部位有更好地瞭解(8)。此技術可以成為獸醫學的有效工具，可加速手術計畫，幫助獸醫系學生的教學，促進研究以及改善與畜主間的溝通(7)。近年在人醫使用 3D 列印來教學的研究方面，在 2015 年的一篇短訊中，外科專科醫師與住院醫師認為 3D 列印骨折模型比傳統電腦螢幕的 2D 或 3D 影像更能有效的了解骨折，

特別是關節內的細小骨折斷片的移位。等比例大小的模型提供視覺和觸覺體驗，能改善對於解剖和病理的了解，且能幫助術前規劃與教學(9)。在 2015 年使用 3D 列印的脊椎骨骨折模型教學的隨機對照實驗中，發現 3D 列印脊椎骨模型比平面影像教學有顯著的教學成效(10)。在 2017 年使用 3D 列印的頭骨模型教學的隨機對照實驗中，認為此教學方式提供便宜，精確，快速成型的頭骨教具，可以協助解剖教學，特別在辨認構造方面優於傳統的大體頭骨教學方式(11)。

3. 研究問題(Research Question)

開發一種新的教學模式，透過一系列的介紹 3D 列印製造的基礎理論，獸醫臨床病例介紹，以及一系列的實作課程，橫跨醫學工程和獸醫領域，讓獸醫系學生有效利用此工具來學習動物骨頭解剖及臨床病例診斷，可以改善獸醫系學生在理解與診斷骨變形方向的學習。

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

(1) 研究設計說明

教學目標: 本計畫教學目標為提升獸醫骨科於精準醫療的學習與應用，於獸醫臨床教程中導入電腦輔助三維重建軟體與 3D 列印技術，使用 3D 列印技術與軟體應用的教程來提升學習效率與興趣，並可以增進學生了解骨頭(a)解剖位置，(b)三維空間(x,y,z)骨畸形的診斷。

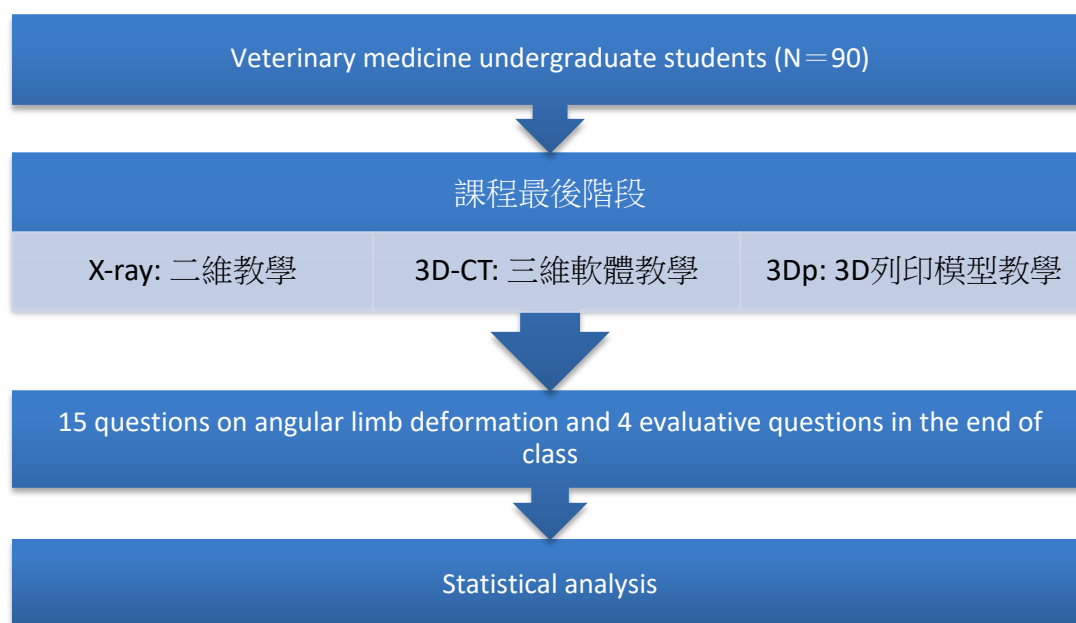
教學方法: 課程設計為四個階段，第一階段介紹骨癒合基礎原理，骨再生適用的生醫材料，骨組織庫，瞭解臨床上骨畸形重建手術時可以使用的骨再生醫材。第二階段說明小動物骨畸形的診斷，小動物和人醫的骨矯正生物力學，瞭解骨矯正的基本原理。第三階段課程開始加入跨領域內容，包含基礎影像處理、三維醫學影像理論、三維重建軟體的應用。第四階段課程導入 3D 列印應用基礎理論與模型的實作，課程包含快速成形基礎理論教學和 3D 列印骨實作。將近年累積的 3D 列印處理複雜臨床案例之經驗，規劃小動物畸形矯正案例的實作課程，並將這些案例藉由 3D 列印由學生實作，除了讓學生實際體驗臨床處理的過程，同時讓他們了解 3D 列印技術與精準醫療的關聯，對於學生未來進入臨床後能有更多創意與概念，提升獸醫的醫療品質。

(2) 研究步驟說明

A. 研究架構

1. 前 8 週的課程中，教授學生骨再生基本知識以及傳統二維影像進行骨頭畸形診斷的方式。
2. 後 8 週的課程中導入 X 光，三維影像軟體及 3D 列印理論與實作，課程後進行學習成效測驗，學習滿意度問卷，實作結果評估，並透過統計分析，調查透過 3D 列印教學能否提升獸醫系學生學習的成效。
3. 整體架構如圖 1 所示，90 位獸醫系學生，課程後進行問卷，將透過比對分析，觀察學生如果以傳統二維影像，三維影像軟體及 3D 模型診斷判讀的差異，藉由這些實際操作的結果驗證 3D 列印技術導入獸醫臨床能使精準醫療之理念實現。

(圖 1) 研究架構流程圖



B. 研究對象與場域

台灣大學獸醫系大一到大三學生，皆修習過小動物解剖學，會操作電腦觀看解剖構造，尚未進行實際小動物臨床訓練。由於此選修課程為混齡組合，學生程度不一致，因此課程前 8 週會針對長骨畸形的放射線學和外科學部分進行教學。最後再比較學生接受課程後的測試問卷，可以了解此教學模式的成效。

5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

- 期末總評量時進行滿意度調查及學習成效測驗，填寫學習成效問卷包含骨頭解剖位置 and 骨頭畸形診斷共 15 題，以及 4 題學習滿意度調查。
- 透過導入三維影像及 3D 列印骨模型的教學，可以增進學生了解骨頭解剖位置，三維空間(x,y,z)骨畸形的診斷。並且改善學生的學習成效，學習滿意度增加，即知識獲得和自信度較佳。
- 3Dp 組的學習成效在答題正確率，答題花費時間以及學習滿意度方面，都優於 3D-CT 組和 X-ray 組。
- 平均答題正確率：X-ray 組 7.6 題; 3D-CT 組 6.5 題; 3Dp 組 8.7 題。
- 平均答題花費時間：X-ray 組 438 秒; 3D-CT 組 475 秒; 3Dp 組 382 秒。
- 平均學習滿意度：3Dp 組 > 3D-CT 組 > X-ray 組

(2) 教師教學反思

- 使用 3D 列印技術輔助的教學模式中，骨骼解剖部位的學習可以合併觸覺的刺激，對於學習時的直接回饋非常有幫助，骨表面的傾斜程度和深度都能立即獲得解答。
- 骨頭畸形矯正的教學經驗中，3D 列印的輔助最有效，然而在 3D-CT 組中的 3D 影像使用時，學生在操作軟體的方面不是很熟悉，反而影響到學習的體驗和成效。
- 3D 列印骨模型的放大可以加強教學的效果。

(3) 學生學習回饋

使用 3D 列印骨頭模型能夠拿起來觸摸，從各個角度觀察骨頭畸形的特殊病患，讓學習不再只有教科書或 X 光影像，對於特殊病患的診斷與治療計畫有更直接的學習，非常有幫助。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

- 3D 列印骨頭時使用不同顏色的區分，可以幫助學習。
- 跨領域的 3D 軟體操作需要一定的相關基礎與學習經驗累積。
- 3D 列印骨的重建技術是未來獸醫必備的能力。

二. 參考文獻(References)

1. Anna S, et al. Use of Three-Dimensional Printing Models for Veterinary Medical Education: Impact on Learning How to Identify Canine Vertebral Fractures. *J Vet Med Educ*. 2018 Nov 12:1-10.
2. Guk Bae K, et al. Three-Dimensional Printing: Basic Principles and Applications in Medicine and Radiology. *Korean J Radiol*. 2016 Mar-Apr; 17(2): 182–197.
3. Daniel P, et al. “Let’s Get Physical”: Advantages of a Physical Model Over 3D Computer Models and Textbooks in Learning Imaging Anatomy. *Anat Sci Educ*. 2013 Jul-Aug;6(4):216-24.
4. Jessica LK, et al. Classification of Angular Limb Deformities Affecting the Canine Radius and Ulna Using the Center of Rotation of Angulation Method. *Vet Surg*. 2016 Apr;45(3):295-302.
5. Emma LH, et al. Accuracy of patient-specific three-dimensional–printed osteotomy and reduction guides for distal femoral osteotomy in dogs with medial patella luxation *Vet Surg*. 2018 Nov 17
6. Theresa Welch Fossum. (2013) *Small animal surgery* 4th edition. Mosby.
7. Hespel AM, et al. Invited review--Applications for 3D printers in veterinary medicine. *Vet Radiol Ultrasound*. 2014 Jul-Aug;55(4):347-58.
8. Mitsouras D, et al. Medical 3D printing for the radiologist. *Radiographics*. 2015 Nov-Dec;35(7):1965-88.
9. Bizzotto N, et al. Three-dimensional printing of bone fractures: a new tangible realistic way for preoperative planning and education. *Surg Innov*. 2015;22(5):548–51.
10. Li Z, et al. Three-dimensional printing models improve understanding of spinal fracture—a randomized controlled study in China. *Sci Rep*.2015;5(1):11570.
11. Chen S, et al. The role of three dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trail. *Sci Rep*.2017;7(1):575.

三. 附件(Appendix) (請勿超過 10 頁)

學習成效問券

Questionnaire One

No. _____

Name: _____

Class: _____

Gender: _____

Grade: _____

A. Radius & Ulna

- () 1. What structure of the ulna is indicated by the mark ?
(A) **Medial coronoid process** (B) Anconeal process (C) Lateral coronoid process
- () 2. What structure of the ulna is indicated by the mark ?
(A) Ulnar notch (B) Anconeal process (C) **Styloid process**
- () 3. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) **Varus** (B) Valgus (C) Torsion (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal
- () 4. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) **Valgus** (C) Torsion (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal
- () 5. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) Valgus (C) **Torsion** (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal

B. Femur

- () 6. What structure of the femur is indicated by the mark?
(A) Femur neck (B) **Lesser trochanter** (C) Greater trochanter (D) Patella groove (E) Medial condyle
- () 7. What structure of the femur is indicated by the mark?
(A) Intercondylar fossa (B) Greater trochanter (C) Lesser trochanter (D) **Trochlea groove**
- () 8. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) **Varus** (B) Valgus (C) Torsion (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal
- () 9. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) Valgus (C) Torsion (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) **Normal**
- () 10. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) Valgus (C) **Torsion** (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal

C. Tibia

- () 11. What structure of the tibia is indicated by the mark?
(A) Tibia crest (B) Medial tibial plateau (C) Lateral tibial plateau (D) **Intercondylar eminence**
- () 12. What structure of the tibia is indicated by the mark?
(A) Cranial border (B) **Tibial tuberosity** (C) Medial condyle (D) Tibia crest
- () 13. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) **Valgus** (C) Torsion (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal
- () 14. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) Valgus (C) Torsion (D) **Antecurvatum** (E) Recurvatum (F) Normal
- () 15. What type is the deformity at this site comparing with contralateral limb?
(A) Varus (B) Valgus (C) **Torsion** (D) Antecurvatum (E) Recurvatum (F) Normal

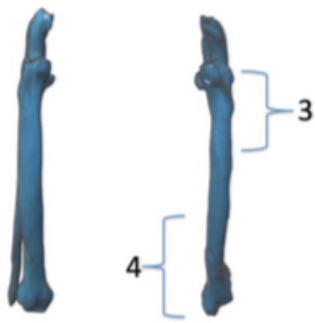
A-1-Q



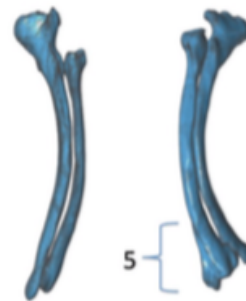
A-2-Q



A-3,4-Q



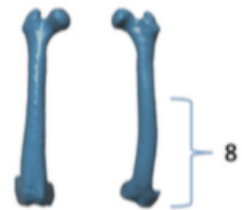
A-5-Q



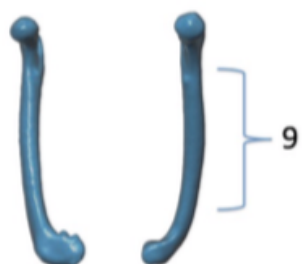
B-6,7-Q



B-8-Q



B-9-Q



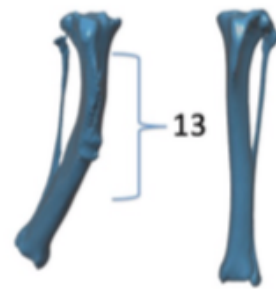
B-10-Q



C-11,12-Q



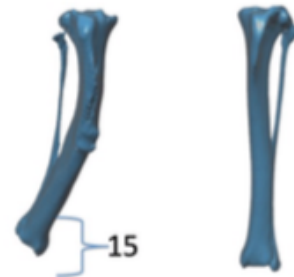
C-13-Q



C-14-Q

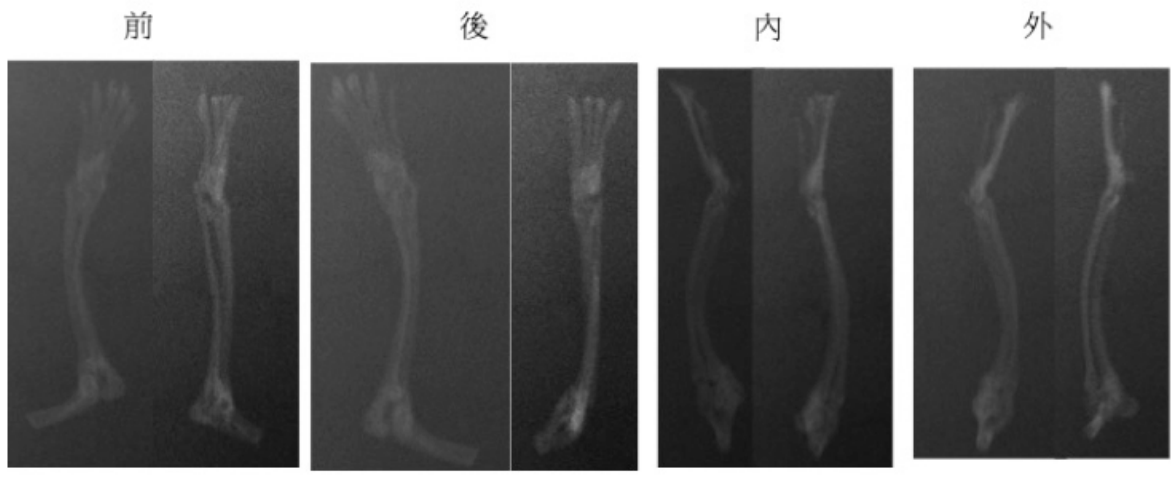


C-15-Q

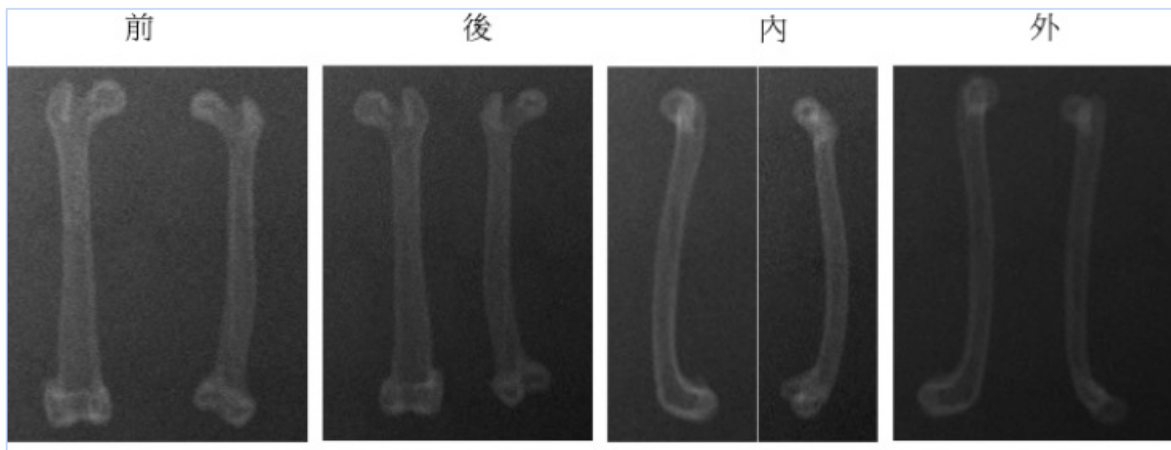


X光組教材

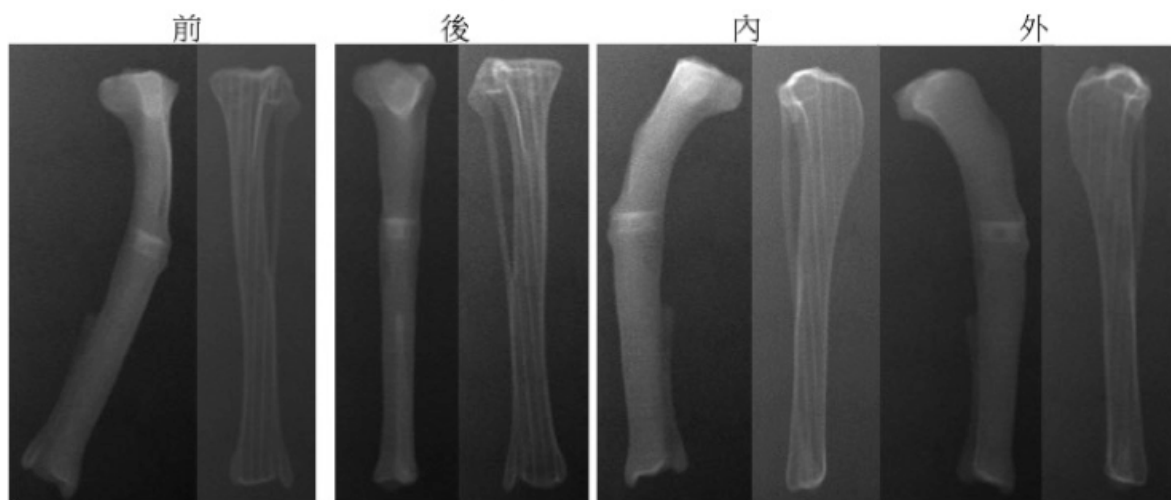
(圖 3)



(圖 4)

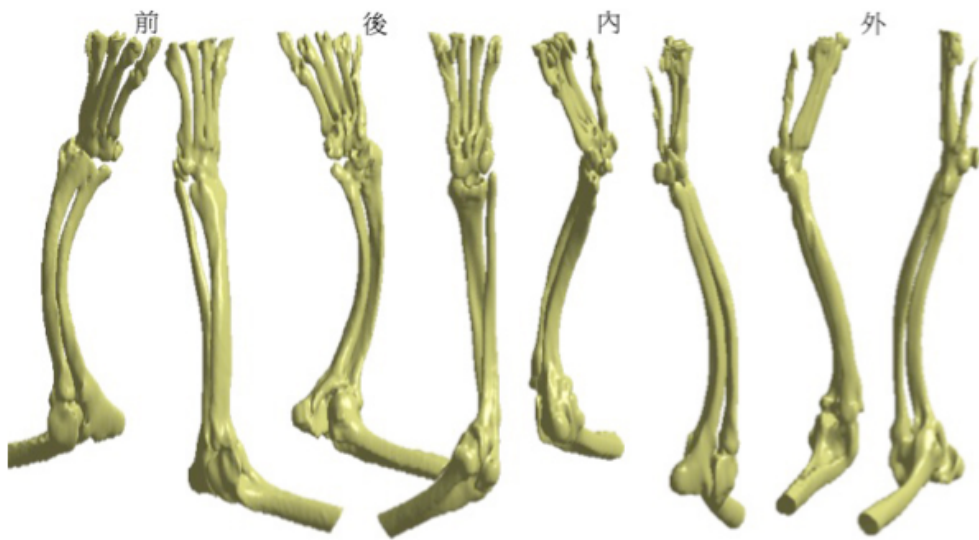


(圖 5)

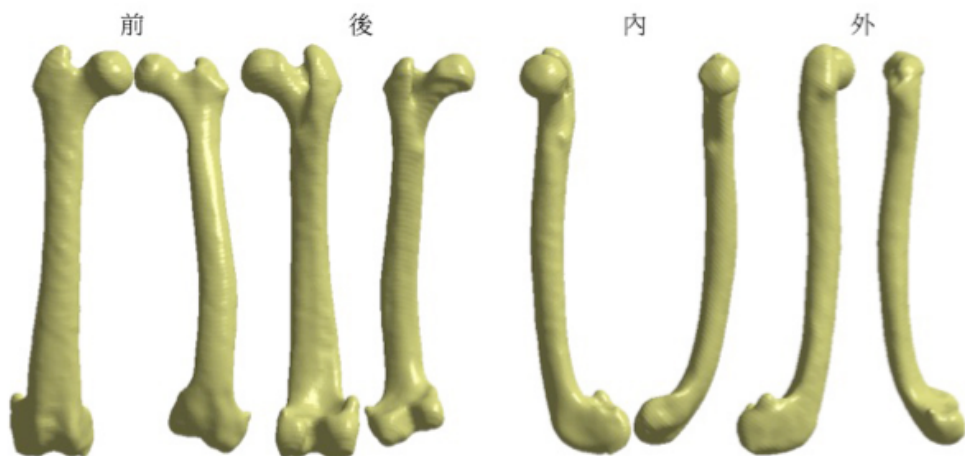


3D-CT 組教材

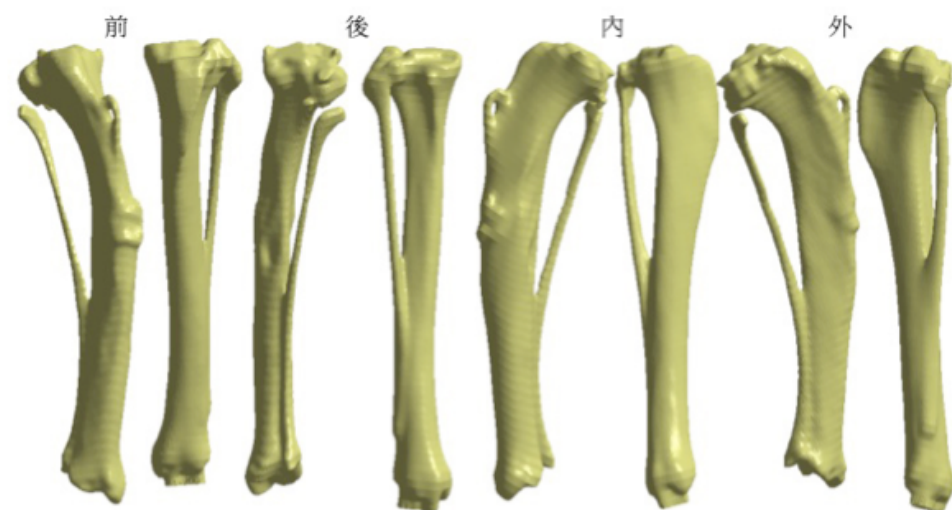
(圖 6)



(圖 7)

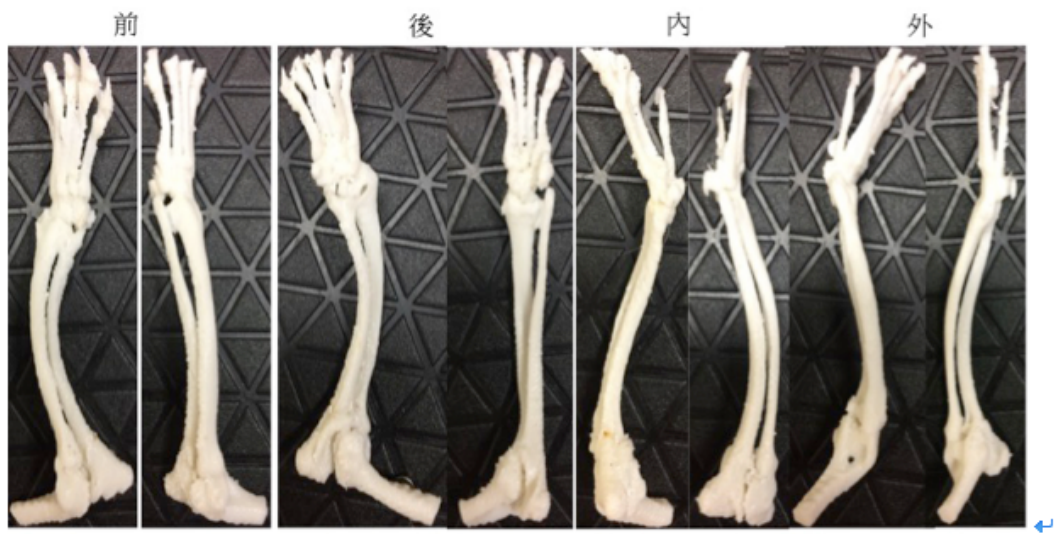


(圖 8)

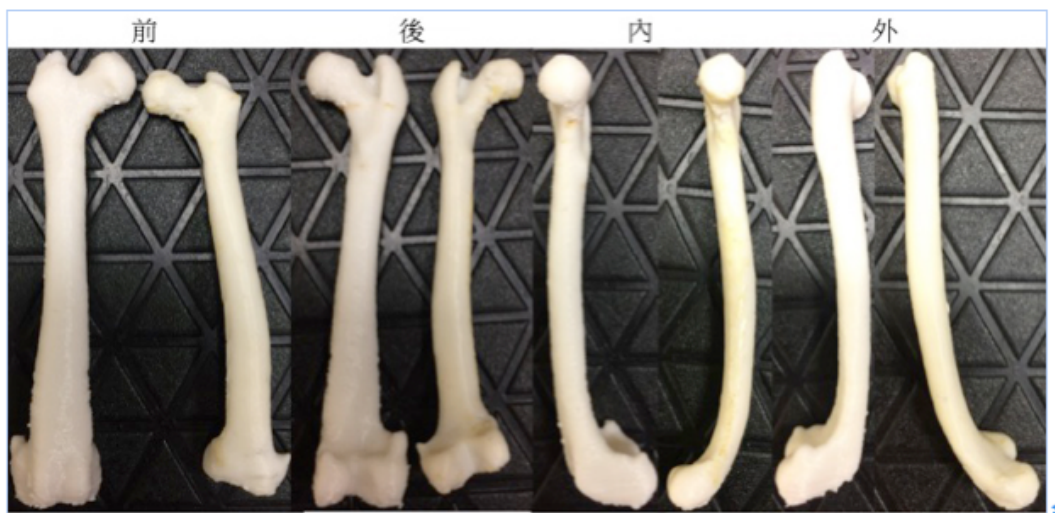


3Dp 組教材

(圖 9)



(圖 10)



(圖 11)

