

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082901

樂齡長者食尚老人家－探討高齡長者後牙齒列
狀態對於咀嚼生理機能的影響

學校名稱：臺北市松山區敦化國民小學

作者： 小六 張宸瑀	指導老師： 方信宏
---------------	--------------

關鍵詞：高齡長者、咬合對數、咀嚼功能

摘要

台灣已經邁入高齡社會，「青銀共居」是一個時下熱門的討論話題，我認為達到「青銀共好」更是我們要努力的目標。本研究以關懷高齡長者為出發點，探討年長者牙齒「咬合對數」、「咬合力」與咀嚼功能之間的關係，希望能藉由計算牙齒咬合對數對咬合力與咀嚼功能作一快速精準之評估。實驗結果發現，後牙咬合對數的多寡與咀嚼時間、咀嚼次數、和咬合力有高度相關；增加後牙咬合對數會大幅縮短咀嚼時間和咀嚼次數，也會顯著地提高咬合力。日常生活中我們可以藉由評估長者後牙的咬合對數，約略推估高齡長者的咀嚼功能，設計出適合他們的美味菜單，讓長輩們能吃得健康、開心。

壹、研究動機

根據內政部最新的統計資料，我國 65 歲以上老年人口占總人口比率在 2018 年 3 月底達到 14.05%，臺灣正式宣告邁入「高齡社會」(<https://www.moi.gov.tw/index.aspx>)，因此，老年保健、樂齡生活等相關議題開始受到社會大眾的高度關切。

「民以食為天」，享受食物在口腔中咀嚼的滋味是人生一大樂事，也因此口腔機能是生活品質的一項重要指標。老年人常見的口腔問題包括牙齒脫落、齲齒、牙周病、口乾症和口腔癌。牙齒脫落是人口老化碰到最普遍的狀況，它極大地影響咀嚼功能和咀嚼效能。咀嚼被認為是口顎系統最重要的功能，是牙齒、舌頭、嘴唇和口腔周圍肌肉的協同動作，表現為將食物咬碎、磨碎，食物再與唾液混合後，形成食物團的能力。咀嚼也與食物的消化、吸收有密切相關，咀嚼能力受損會降低食物的營養質量，例如：咀嚼能力低的老年人會因為長期營養攝取不足而逐漸衰弱，甚至罹患慢性病，因此咀嚼能力和年長者的健康有顯著的相關性。

四年級下學期的時候，自然老師教我們「有趣的力」單元，我學到了力的作用與力的大小和方向有關；在五年級資優班的科學課中，我更進一步認識「壓力」這個概念。「壓力」是作用在與物體表面垂直方向上的每單位面積的力的大小，像書包背帶做得很寬，我們的肩膀就會覺得很輕鬆；刀刃磨得很薄，我們切菜時就會很省力，都是生活中利用「壓力」原理的例子。五年級下學期時，自然課上到「動物的覓食行為」，讓喜愛美食的我對食物的消化吸收

及營養攝取感到好奇，我看了許多課外書，發現口腔是食物消化吸收的第一關，大部分的動物都是由口腔攝取食物的，人也不例外，所以健全的咀嚼機能與食物的消化吸收及營養攝取有密切的關係。記得五年級下學期時，老師在課堂上與我們分享 108 年度國中會考的作文題目—「青銀共居」。臺灣已然邁入「高齡社會」，我們必須正視人口老化對社會帶來的影響。雖然年長者可以提供許多寶貴的經驗讓我們學習；但是他們的體力、智力逐漸衰退，需要被照顧也是不爭的事實，如何利用彼此的優勢進行互補、相輔相成，達到「青銀共好」，是我們的社會未來必須努力的目標。

我們的身邊真的有許多需要被關心和照顧的高齡長者，他們的健康問題及生活品質是非常值得被關切的。生活中，常常聽到身旁的高齡長者說：「哎呀！我年紀大了，牙齒掉光光，咬不動了。」我慢慢發現有這樣抱怨的老人家往往愁眉苦臉、精神不濟、臉上沒有光采。去圖書館查書之後，我才知道他們可能因為咀嚼機能變差而影響食物的消化吸收與營養攝取，甚至變得缺乏抵抗力、而且容易生病。

世界衛生組織和世界牙醫聯盟都建議年長者至少要 20 顆牙齒來保持咀嚼效能。我就想，通過「力的作用」，這些牙齒應該要排列在上下相對應的位置才能產生適當的「壓力」來磨碎食物，發揮最大的功能吧？所以我覺得透過「咬合對數」與「咬合力」來評估老年人咀嚼的功能應該比目前只用牙齒的數目來評估老年人咀嚼的功能更為精確。

貳、研究目的

本研究是針對年紀高於 65 歲的親戚長輩，身體健康、可以獨立自理生活、及有良好口腔衛生保健的年長者所作的觀察型研究，評估牙齒對數與日常性咀嚼能力，包括咬合力、咀嚼時間、咀嚼次數、與可接受的食物軟硬度之間的關聯。藉由本研究評估長者後牙的咬合對數，約略推估高齡長者的咀嚼功能，未來根據研究結果期望能設計出適合他們的美味菜單，讓長輩們能吃得健康、開心。

參、研究設備及器材

本實驗利用簡單的評估方式，分析後牙咬合對數對於咀嚼功能的影響。所採用的研究材料與器材除了咬合測量儀之外都是生活中隨手可得的（圖一），因此本研究的簡易實驗方法貼近日常生活，可重複執行性高，具有高度的生活應用價值。



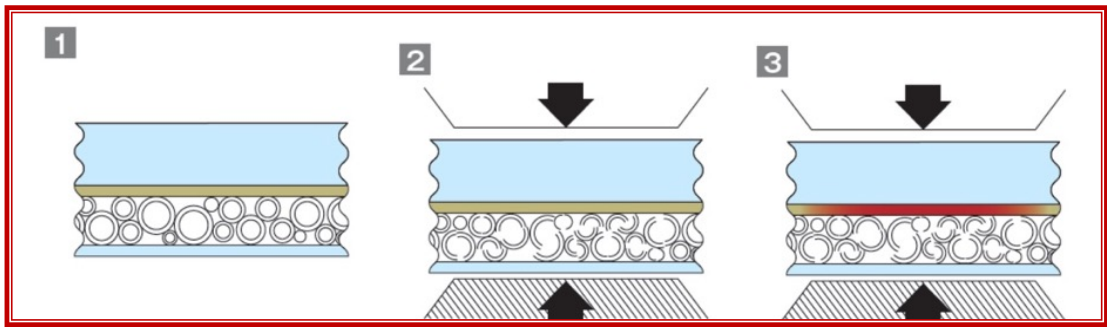
圖一、本研究所有使用的器材，除了咬合測量儀之外，都是日常手邊容易取得的物品。

一、T-Scan 數位咬合分析系統：用以顯示整體咬合力分布與最大力量相較下的百分比

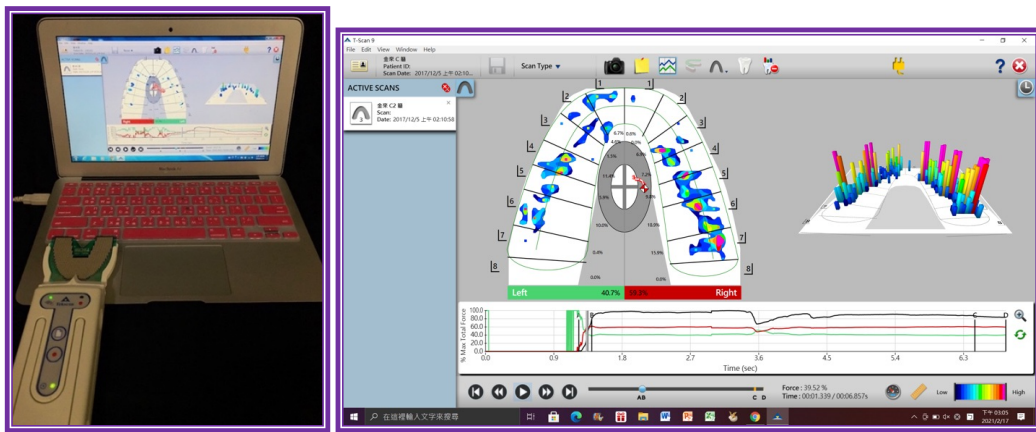
該儀器主要配備為一富含壓力感應元件之薄片構成(圖二)，以電子握持器支撐便於置入受試者口中，待上下牙咬緊後，感壓片中的感壓元件根據受壓不同，顯示出與最大咬合力相比各牙齒受壓的百分比，藉此推估個體當中相對咬合力的大小(圖三)。根據五年級資優班科學課所學，重量除以面積等於壓力($F/A = P$)，壓力是單位面積上所受的正向力，而感壓元件的單位面積固定，故所測得的相對壓力值得以代表相對力量的大小。資料可由傳輸線即時傳至電腦中便於立刻判讀(圖四)。此儀器操作簡單，只需於測試前以簡單口述指導，受試者便能輕易配合，在感應片置入口中後上下牙齒緊咬且確定後牙有緊密接觸便可。此感壓片極薄，所以不會干擾上下牙齒緊閉時的狀態，深具研究價值與操作便利性，此裝置目前廣泛使用於牙醫學的臨床研究與評估，因此所得結果具極高可信度。



圖二、T-Scan 數位咬合分析系統之感應薄片與電子握持器。



圖三、重量除以面積等於壓力（ $F/A = P$ ），壓力是單位面積上所受的正向力，而感壓元件的單位面積固定，故所測得的相對壓力值得以代表相對力量的大小。



圖四、T-Scan 數位咬合分析系統。將電子握持器與電腦連接，可以即時讀取受試者口腔整體咬合力分布之數據。

二、花生、杏仁、腰果、核桃：作為評估咀嚼次數與咀嚼時間的候選食物

許多研究利用專業的標準材料，例如牙科臨床使用的矽膠，來進行咀嚼功能的測試，但考量取得不易，且可能因為長輩們對於材料的不熟悉而影響實驗的結果，因此決定採用日常生活的食物作為評估咀嚼功能的標準食物。

我採用生活中容易取得的非黏稠固態食物針對咀嚼次數與咀嚼功能進行評估。

為了避免咀嚼過程中因食物吸附水分變性，與研究剛開始時食物狀態的差異造成研

究結果誤差，故選用不吸附口水、無黏性、且大小約略相同的固態食物，如：花生、杏仁、腰果、核桃，作為評估咀嚼次數與咀嚼時間的候選標準食物。待確定每位高齡長者都能咬得動的情況下，再決定何者為本研究咀嚼測試之標準食物（圖五）。



圖五、選取用來評估咀嚼次數與咀嚼時間的標準食物，由左至右分別是花生、杏仁、腰果、核桃各一顆。

三、標準篩網：用於篩取法以確認有效咀嚼

考量許多長者在配合實驗進行的過程當中，因為心情緊張或不自在的氛圍，無法如實執行日常咀嚼功能，因而影響研究數據的準確度，因此我使用篩取法確定研究成果的可信度，減少人為因素造成的誤差。

此方法主要是將咀嚼過後的測試食物顆粒過篩，藉此量取食物留在特定篩網孔之篩網上食物顆粒的重量百分率，藉此判別咀嚼效率之優劣。過去研究常利用數個至數十個不同網孔大小的篩網，評估咀嚼後不同大小食物顆粒之分布情形。參酌1987年荷蘭學者Van der Glas H.W.等人研究成果所示，本實驗利用孔洞大小為2公釐（mm）的實驗用標準篩網（圖六），確定百分之五十的標準食物能通過篩網孔洞，以確保實驗中執行的咀嚼是有效咀嚼。受試者本身的咀嚼效率能有效將食物咬碎，其咀嚼時間與咀嚼次數才具有參考價值。

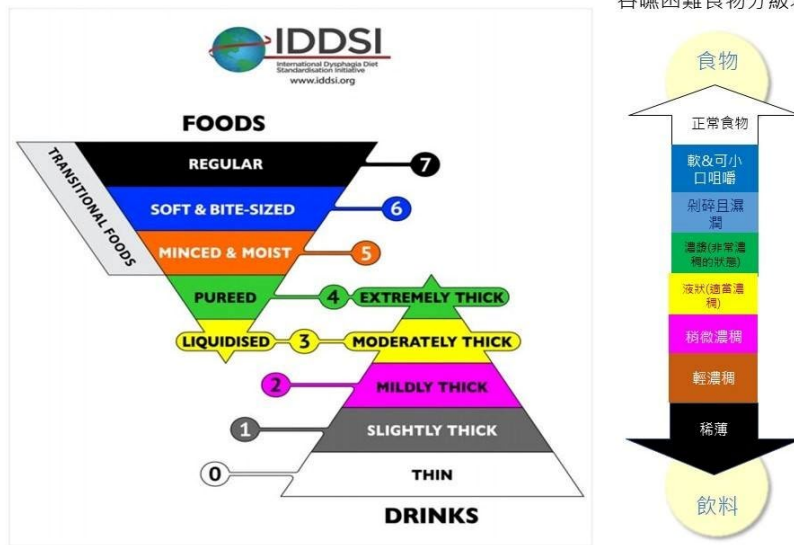


圖六、利用標準孔徑2公釐（mm）篩網，評估咀嚼後核桃顆粒大小分布的狀態。

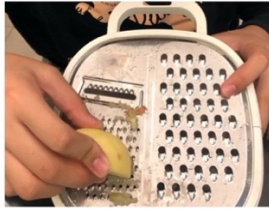





四、蘋果：用以製備不同軟硬度的食物

本實驗之飲食質地軟硬度分級根據國際吞嚥障礙飲食標準化協會（IDDSI）制定之「國際吞嚥障礙飲食指引」規範分級（圖七）。在分級中第五級至第七級屬於固態食物，用於評估咀嚼功能；而其中規範的第一至四級屬於不同濃稠度的液態食物，用於檢視吞嚥功能。

在這個階段，我以容易取得的蘋果做為標準食物，製備不同軟硬度的食物進行實驗。在「國際吞嚥障礙飲食指引」分類中的第七級一般定義為食物的常規原型，所以本實驗將一顆蘋果對切再對切成 1/4 個蘋果；分類中的第六級一般定義為食物的一口量或是軟質型，所以本實驗將蘋果切成一公分的丁狀；第五級一般定義為食物的細餡形，本實驗將蘋果磨成粗泥做為代表（圖八）。



圖七、「國際吞嚥障礙飲食指引」對飲食質地軟硬度之分級。

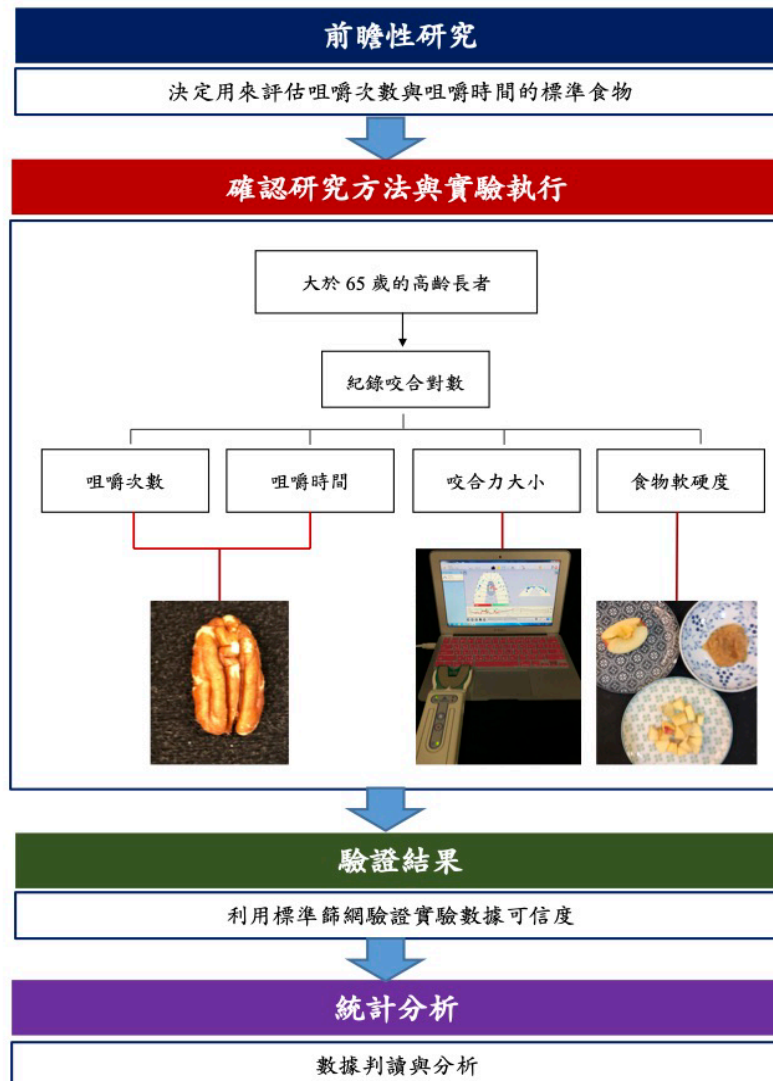
IDDSI=5	IDDSI=6	IDDSI=7
蘋果泥	一口大的蘋果丁	1/4個蘋果
		
		

圖八、依據「國際吞嚥障礙飲食指引」，利用蘋果製作之第五至第七級食物。

肆、研究過程或方法

一、實驗流程

首先利用前瞻性研究來決定用來評估咀嚼次數與咀嚼時間的標準食物，確定研究可行性之後，就開始招募年齡大於 65 歲的長者進行實驗。首先，我記錄他們的咬合對數，並以 T-Scan 數位咬合分析系統測量他們咬合力的大小；再請長輩們咀嚼標準食物，並以篩取法確認其為有效咀嚼，才記錄他們的咀嚼次數和咀嚼時間；最後，請長輩們咀嚼以蘋果製成的不同軟硬度的食物，來驗證及串連以上所得的實驗數據（詳見圖九）。



圖九、本實驗完整流程圖。

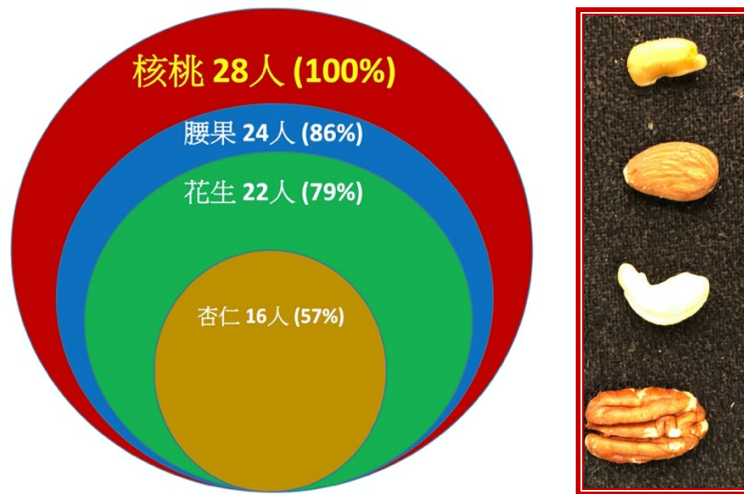
二、受試者招募

本研究以關懷生活周圍年紀高於 65 歲的長者為出發點，所以我們以家族中的長輩（例如：我的爺爺、奶奶、外公、外婆、叔公、舅公、姑婆跟姨婆等等）、以及外婆老人會裡的長輩們為實驗對象，同時也注意性別比例之平均分配。共選取 28 名身體健康、溝通良好、沒有吞嚥困難、過敏體質的問題、未曾中風或罹患頭頸部腫瘤的長者。

因為本研究主要是探討咬合對數對咀嚼功能的影響，所以參加的每位高齡長者都能自主進食，並自述能吃任何想吃的食物、沒有營養不良或其他與咀嚼肌肉、關節障礙相關的問題。於實驗開始前，皆取得他們口頭同意且所有受試者數據以編號記載無個資外露疑慮，於明確告知每位受試對象後，方能進行本研究。根據過去研究證實，活動假牙的咀嚼力量只有固定假牙的十分之一，為了減少活動假牙因素的干擾，如有日常配戴活動假牙的長者將不予以納入本研究對象。

三、決定用來評估咀嚼次數與咀嚼時間的標準食物

每位參與研究的長者分別給予花生，核桃，杏仁與腰果各一顆，請他們咬咬看是否咬得動，以測試上列哪一種質地堅硬食物比較適合進行後續之研究，並紀錄結果。結果發現參與研究的 28 名高齡者中，共 16 個人咬得動杏仁，22 人咬得動花生，24 人咬得動腰果，而全部的 28 名長者都咬得動核桃（圖十），所以最終決定以核桃作為進行咀嚼時間與咀嚼次數測量的標準食物。



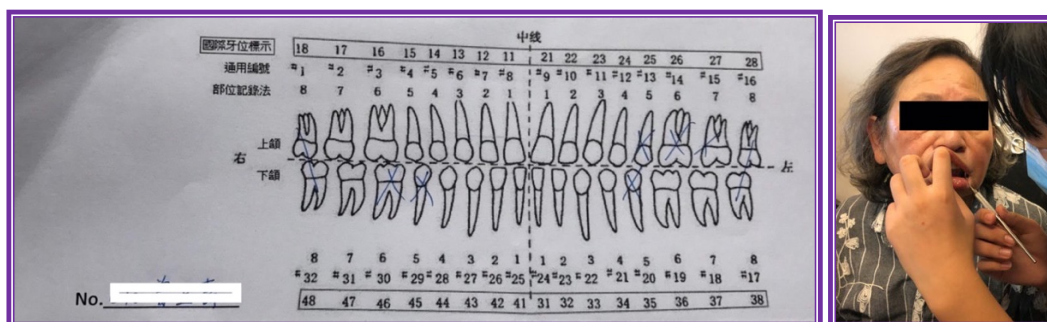
圖十、受試者能接受的質地堅硬食物分析。

四、受試者咬合對數之記錄

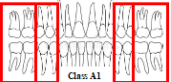









什麼是「咬合對數」呢？一般來說我們只會計算牙齒剩下幾顆？掉了幾顆？但常忽略剩餘牙齒的相對位置，所以 Eichner 在西元 1955 年提出了「咬合對數」這個實用的概念。一般來說，從第一小白齒到第二大白齒的區域我們統稱為後牙，他們是主要對食物進行研磨，在完全沒有缺牙的狀況下，一側共有上下八顆牙齒，但如果一邊的上下後牙齒列區只剩下四顆牙，會因為牙齒分布的位置不同，大幅影響磨碎食物的能力。所以我們認為「咬合對數」比剩餘牙齒的數目更能代表後牙磨碎食物的能力。

在實驗中，我先紀錄後牙剩餘齒列狀態於表中（圖十一），再計算咬合對數（圖十二）。咬合對數的算法分別以後牙小白齒與大白齒與對咬接觸狀況來定義，倘若上、下小白齒有穩定的接觸，則稱之為有一對咬合對數，而大白齒亦同，因此口內完全沒有缺牙的人最多應具有四對的咬合對數。咬合對數較能真實呈現口腔內後牙功能的狀態，試想如果單側的後牙僅剩四顆牙，但分佈不同能吃的食物也迥異，例如圖十二中所示 Eichner 分類的 Class C2 與 Class B2 後牙都剩 8 顆牙，但是後者（Class B2）存在兩對咬合對數，咀嚼效率比完全沒有任何咬合對數的前者（Class C2）明顯

好很多。所以咬合對數比後牙數目更能有效反映咀嚼功能的好與壞，故本實驗以此評估後牙剩餘齒列的狀態。



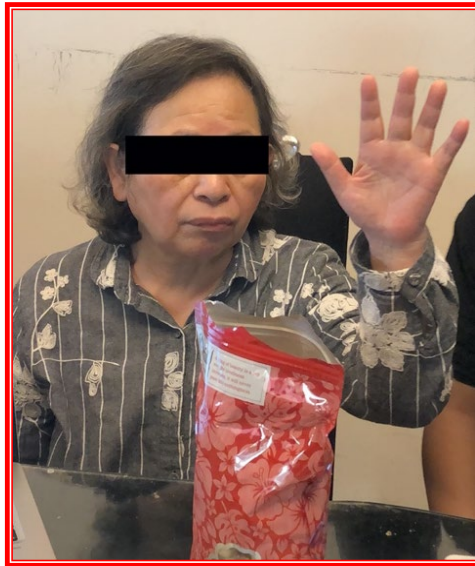
圖十一、後牙剩餘齒列狀態記錄表。

咬合對數	後牙齒列分佈 (根據 Eichner 分類)			
4	 Class A1	 Class A2	 Class A3	
3	 Class B1			
2	 Class B2			
1	 Class B3			
0	 Class B4	 Class C1	 Class C2	 Class C3

圖十二、咬合對數計算表。Class C2 與 Class B2 後牙都剩 8 顆牙，但是 Class B2 存在兩對咬合對數，咀嚼效率比完全沒有任何咬合對數的 Class C2 明顯好很多，所以咬合對數比後牙數目更能有效反映咀嚼功能的好與壞。

五、咀嚼時間與咀嚼次數的測量

測量咀嚼次數與完成咀嚼所需的時間，每位受試長者給予一顆核桃，這些受試者被指示以自身正常方式咀嚼來進行測定。將咀嚼動作的計算為下顎開口直到閉口時牙齒接觸定義為咀嚼一下。當受試者聽到「開始」口令的時候開始咀嚼，請受試者有吞嚥的感覺時舉起右手(圖十三)，用數位計時器記錄了食用每塊食物所需的咀嚼時間。將食物放入口腔後，計時器開始計時，並在吞下每份食物後停止計時，由實驗操作者記錄下所花費的時間，並將此定義為「咀嚼時間」(單位：秒)。實驗操作者同時叮嚀受試者自行計算在這期間一共咬了幾下，紀錄為「咀嚼次數」，此步驟每位受試者均連續進行五次測試後取平均值。

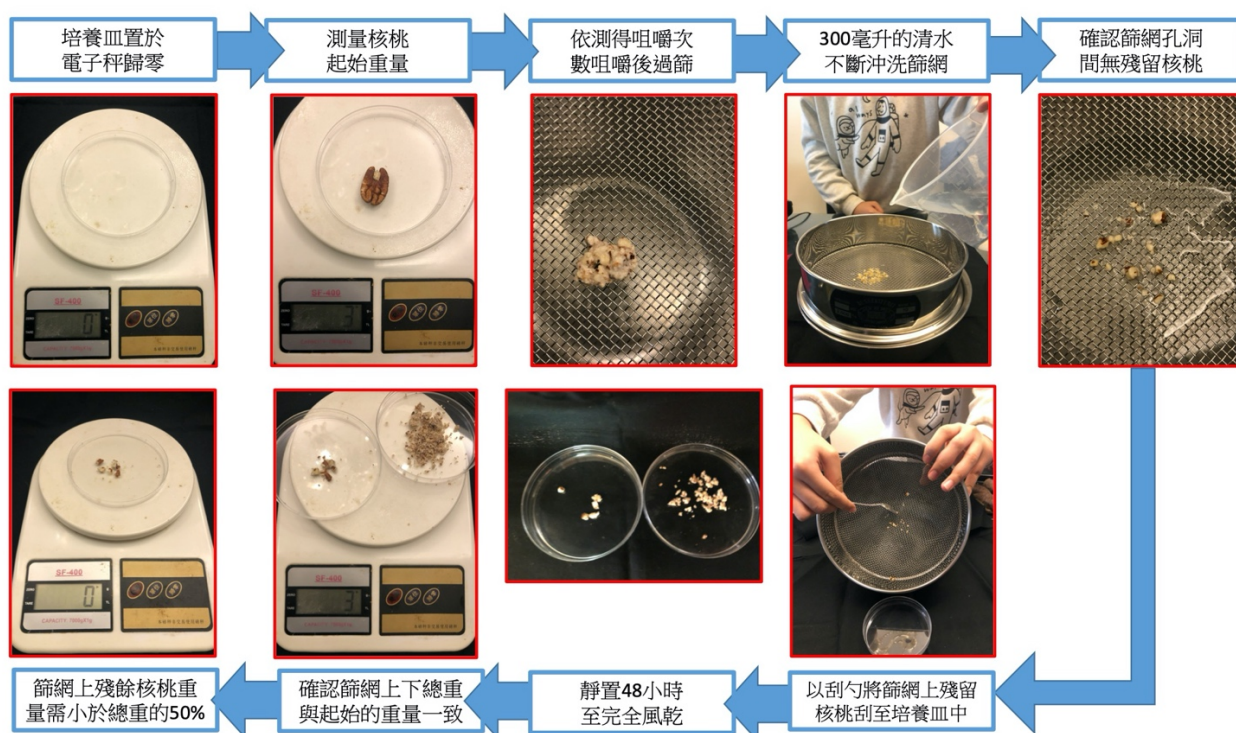


圖十三、請高齡長者咀嚼一顆核桃，當有吞嚥慾望時舉起右手，紀錄所花費的時間(咀嚼時間)並請長者自述一共咬了幾下(咀嚼次數)。

六、以篩取法驗證數據

以孔徑 2 公釐篩網測量核桃咀嚼後顆粒大小分佈，利用殘餘核桃重量進一步確認所有長者在進行咀嚼時間與咀嚼次數的測量時，是否執行有效咀嚼。測量前先以電子秤量測每顆核桃的大小，請長者再次根據先前紀錄的咀嚼次數咬碎核桃後，盡量將口中所有的核桃顆粒全吐至 2 公釐的標準篩網上，並用三次清水漱口，以確保

口內沒有殘餘任何核桃顆粒，再利用 300 毫升的清水不斷沖洗篩網，以期能達到完全過濾的效果。將殘餘在篩網上與過濾完的核桃顆粒，分別經 48 小時靜置風乾後，利用電子秤測量重量（圖十四）。首先確定篩網上與完成過濾的核桃顆粒與原始重量相符，實驗過程中沒有人為失重的誤差，若過濾完成的和桃重量超過起始總重的 50%，則表示咀嚼過程中能有效將食物徹底磨碎，達到可吞嚥的顆粒大小，藉此評估受試長者的咀嚼時間與咀嚼次數研究成果的可信賴度。

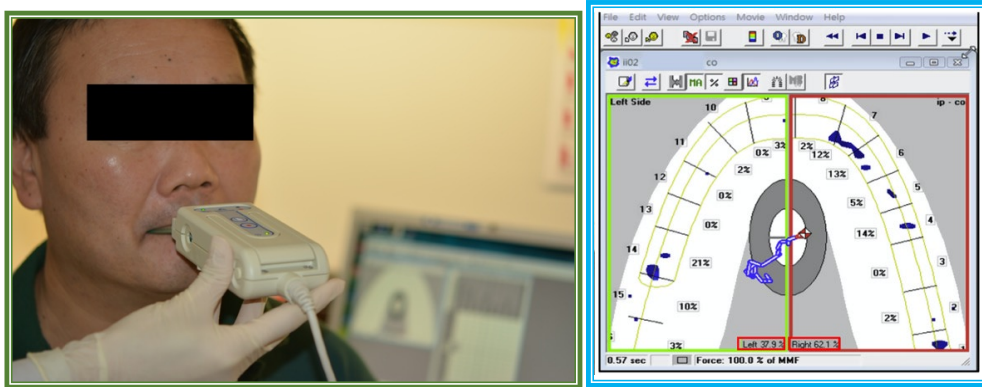


圖十四、篩取法流程

七、咬合力測量

利用準確可靠的動態咬合分析儀（T-Scan III v8; Tekscan Inc）來測量咬合力的大小。該儀器配件包括一個觸覺感測片，用於評估單顆或整個牙齒咬合上相對咬合力量的大小。在記錄咬合力時，請受試者坐在椅子上呈現放鬆直立的姿勢，然後請受試者將咬合測量片放置在上、下顎之間，確定所有牙齒均涵蓋在咬合測量片中，由

於咬合測量片有大小之分，故需因應牙弓大小選擇適合的咬合測量片尺寸。然後請受試長者用最大力量咬住感測片持續三秒鐘後立刻放開，記錄下左右兩側最大咬力的百分比（圖十五）。



圖十五、咬合力測試

八、食物軟硬度耐受性的測試

每位長者給予 1/4 個蘋果（代表「國際吞嚥障礙飲食指引」第七級硬度）及約等量的蘋果丁（代表「國際吞嚥障礙飲食指引」第六級硬度）與蘋果粗泥（代表「國際吞嚥障礙飲食指引」第五級硬度）（圖十六），詢問長者們咀嚼是否輕而易舉？抑或是覺得吃力咬不動？記錄下所能咬得動的最硬的蘋果狀態，藉此測量高齡長者後牙咬合對數與食物軟硬耐受度的關係。

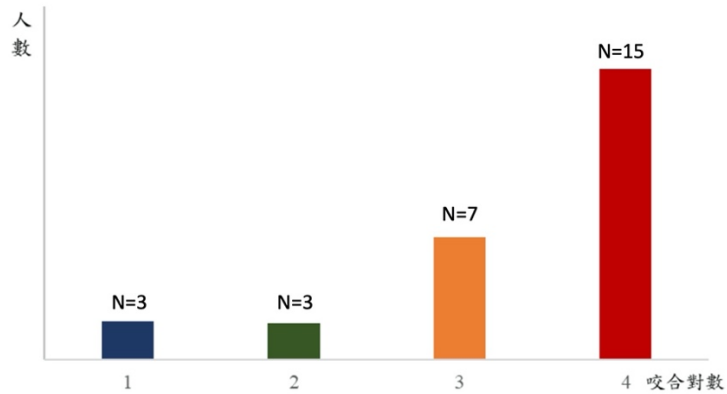


圖十六、將蘋果以不同的製備方式來代表不同等級的食物軟硬度，藉此測量高齡長者後牙咬合對數與食物軟硬耐受度的關係。

伍、研究結果

一、受試者年齡、性別、及咬合對數分佈概況

參與本研究的所有高齡長者日常進食完全自主，且無吞嚥或咀嚼困難的問題。共有 28 位高於 65 歲的長者參與本實驗，男女各佔一半，其中年齡最高為 82 歲、最低為 65 歲，平均年齡為 76.3 歲。他們的後牙剩餘齒列分布的狀態為：15 人具有四對咬合對數；7 人具有三對咬合對數；3 人具有二對咬合對數；3 人具有一對咬合對數（圖十七）。



圖十七、受試者咬合對數分佈概況。

二、孔徑 2 公釐篩網殘留的核桃重量

利用標準篩網驗證咀嚼效力，於 28 名高齡者中起初有 3 名受試者的篩網剩餘量超過原始重量的百分之五十以上（表一），針對這 3 名高齡長者重新說明研究流程後，再行第二次試驗，其結果均符合過去研究所規範，達到吞嚥慾望前的咀嚼標準。利用標準篩網，我將咀嚼效力標準化，有效減少實驗誤差，讓實驗結果更精確。

表一、利用標準篩取法驗證咀嚼時間與咀嚼次數結果的可信度。

編號	性別	第一次 驗證起 始重量 (g)	第一次 驗證篩 網殘餘 重量 (g)	第二次 驗證起 始重量 (g)	第二次 驗證篩 網殘餘 重量 (g)	編號	性別	第一次 驗證起 始重量 (g)	第一次 驗證篩 網殘餘 重量 (g)	第二次 驗證起 始重量 (g)	第二次 驗證篩 網殘餘 重量 (g)
1	女	3	2	4	0	15	女	4	1		
2	男	4	0			16	女	3	1		
3	女	4	1			17	男	3	0		
4	女	3	1			18	男	3	0		
5	女	4	0			19	男	3	0		
6	女	3	0			20	男	4	0		
7	男	3	2	3	0	21	男	3	1		
8	女	3	1			22	男	4	3	4	1
9	男	3	0			23	男	3	1		
10	男	3	0			24	女	3	0		
11	女	3	1			25	女	3	1		
12	女	3	1			26	女	3	1		
13	男	4	1			27	男	4	0		
14	男	4	0			28	女	3	0		

三、增加後牙咬合對數會大幅縮短咀嚼時間和咀嚼次數，也會顯著地提高咬合力

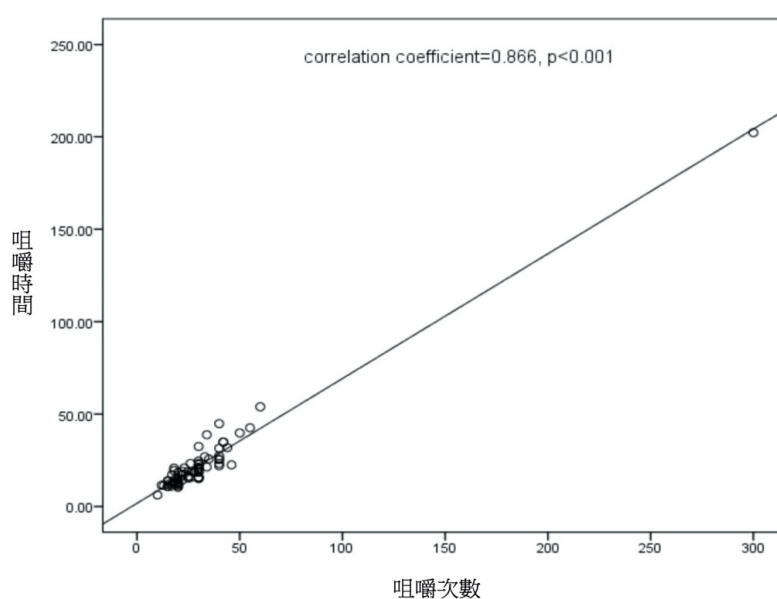
根據本研究結果中各項數據分佈（表二）進行統計分析，其中咀嚼時間與咀嚼次數兩者呈現高度的相關性（圖十八），表示這兩項評估結果能有效呈現咀嚼效率的好壞。本實驗發現對於高齡長者而言，後牙咬合對數的多寡與咀嚼時間、咀嚼次

數、和咬合力有高度相關。後牙咬合對數較多的長者會大幅縮短咀嚼時間和咀嚼次數，會顯著提高咬合力（表三），可見後牙咬合對數越多是保持良好咀嚼功能的關鍵。但是因為咬合對數二對的長者只有三位，樣本數過少，所以在其與咀嚼次數及咀嚼時間上沒有統計學的顯著差異（ P 值分別為 0.93 及 0.70）。我同時發現右側咬合力對應右側咬合對數呈現統計學上的顯著差異（ P 值分別為 0.008 及 0.001），但是左側沒有，可能是人們都有咀嚼的慣用側所致。

本研究結果證實我們針對後牙接觸的狀態所定義的咬合對數，與咀嚼功能具有高度的相關性，日常生活中我們可以藉由長者後牙的咬合對數，約略推估他們的咀嚼狀態，選擇適合高齡長輩們的飲食，讓他們吃得開心而且能吃得健康。

表二、各項研究結果數據分佈。

	最小值	最大值	平均數	標準差
咀嚼次數	23	27	26.31	0.34
咀嚼時間	16.45	27.30	26.24	1.137
右側咬合力	11.98	21.10	12.93	1.364
左側咬合力	12.22	18.04	13.41	1.447



圖十八、咀嚼時間與咀嚼次數具有高度相關性。

表三、探討咬合對數與咀嚼次數；咀嚼時間及咬合力的關聯性。

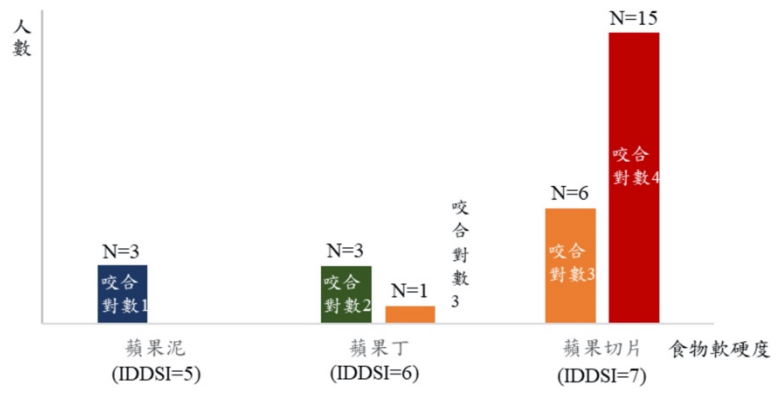
結果	變因		估計值	標準誤	P 值
咀嚼次數	咬合對數	2	0.92	9.77	0.93
		3	19.0	8.21	0.02*
		4	Ref.		
咀嚼時間	咬合對數	2	2.62	6.80	0.70
		3	13.1	5.71	0.02*
		4	Ref.		
右側咬合力	右側咬合對數	0	-25.8	9.60	0.008**
		1	-12.4	3.76	0.001***
		2	Ref.		
左側咬合力	左側咬合對數	0	-2.56	14.6	0.86
		1	-1.81	4.19	0.67
		2	Ref.		
咀嚼次數	咀嚼時間		-0.57	0.22	0.001***

t-test.

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

四、受試者食物軟硬耐受度分佈概況

在食物軟硬的耐受度上，實驗結果顯示：共 21 人（其中 15 人具四對咬合對數、6 人具三對咬合對數）能咬得動蘋果厚切片；4 人（其中 1 人具三對咬合對數、3 人具二對咬合對數）最硬只能咬得動蘋果丁；有 3 人（皆具有一對咬合對數）無法吃固態的蘋果，只能吃蘋果粗泥（圖十九）。



圖十九、受試者的食物軟硬的耐受度。

陸、討論

本研究成果具有高度的生活應用價值，未來可透過後牙咬合對數的判讀，協助身邊的高齡長者，找到適合他們齒列所能接受的食物軟硬度。

一、咬合對數對於咀嚼功能的影響

本實驗招募的研究對象為每日飲食沒有困難的年長者。這些年長者表示，他們可以吃自己想要吃的各種食物。研究結果表明：本實驗中 76% 的受試者具有四個咬合對數，大多數受試者具有三個以上的咬合對數。我認為剩餘牙齒的位置與上下對咬有關，有上下牙齒對咬，才能有效磨碎食物。因此咬合對數會顯著影響咀嚼功能，並且超過 3 個後牙的咬合對數可以維持老年人與口腔健康相關的良好生活質量。

本實驗發現，咬合對數的多寡會顯著影響年長者的咀嚼時間、磨碎能力和咬合力。咬合對數越少，會顯著增加年長者咀嚼的時間和降低口腔磨碎食物的能力；咬合對數越多，年長者咬合力就越大 ($P < 0.05$)、咀嚼的時間會縮短、口腔磨碎食物的能力也會變好(表三)，如果咬合對數從 4 減少到 3，會顯著降低咀嚼磨碎能力($P = 0.02$) (表三)。咬合對數和咬合力的密切關聯性是一個創新的發現，過去從未被討論過。由於食物的咬碎需要上下牙齒密集的接觸，來達到有效的咀嚼。本研究也證實，咀嚼時間與咀嚼次數有高度的相關性(圖十七)，咀嚼次數越少連帶咀嚼時間越短，我們測試時以受試者有吞嚥慾望的時間點當作測試終點，表示大腦意識到這食物已被咬碎，可以進行吞嚥，研究數據經統計分析後證實，咀嚼時間與咀嚼次數有密切的關連(相關係數 = 0.866, $P < 0.001$)。所以，我們本研究利用咀嚼時間與咀嚼次數來代表咀嚼效力的好壞是無庸置疑的。

我發現咬合對數在咬碎食物中扮演重要的角色，可以減少咀嚼時間及咀嚼次數(表三)，所以我認為咬合對數多者可以有效提高咀嚼能力。因為咀嚼效能會隨著咀嚼時牙齒相互接觸平台區域的減少而呈線性惡化，所以我推論，從降低的對咬數目造

成減少的平台區域會顯著影響咬合力，因而降低老年人的咀嚼效能。這項研究證實，咀嚼能力與剩餘牙齒的數量及分佈有密切的相關，而在剩餘牙齒數目相同的狀況下，剩餘牙齒分佈的位置對於咀嚼功能的好與壞，扮演著極為重要的角色。

二、咬合對數與年長者認知功能退化之間的關係

根據本專題的研究結果，盡可能的保持好自己本身的牙齒以維持咬合對數，可以有效地提高老年人的咀嚼功能。

咀嚼和吞嚥是複雜的口腔運動，受舌頭、口腔周圍肌肉、和齒列的調節。國際吞嚥障礙飲食標準化協會 (IDDSI) 為吞嚥障礙的患者提供了食物質地調整的全球標準指南，我發現對咬數目和國際吞嚥困難飲食標準中食物質地有很大的關聯性 ($P < 0.05$) (表二)。對咬數目較高的人可以更容易的吃硬度較高的食物，我認為對咬數目顯著影響老年人的咀嚼能力。

根據本實驗結果，咀嚼能力與咬合對數有很大的相關性；又吾人普遍認為咀嚼功能是很重要的，可以防止認知功能退化，所以我推論年長者認知功能退化和咬合對數降低之間存在密切的關係。此外，牙周病是導致老年人牙齒脫落的最常見原因。如何保持良好的口腔衛生以維持自己本身牙齒的健康，保持良好的咀嚼能力，預防並提高健康相關的生活質量也是人口老化所面臨的關鍵問題。

三、本研究的優點

本實驗除了培養觀察型科學研究的執行能力，透過研究得到與日常生活應用度極高的結果外，在執行這個實驗的過程中，我透過與長輩們的頻繁相處，我清楚地看見因為老化造成生理變化對於生活造成的不便，更體會到關懷長者的重要。另外，在設計研究時我清楚理解食物軟硬度的國際標準分級，未來在日常生活中我可以透

過後牙咬合對數的判讀，替身邊的長輩選擇適合他們的食物，讓他們靠自己咀嚼不用剪刀，享受美食，吃得開心。台灣已經邁入高齡化社會，「青銀共居」是一個時下熱門的討論話題，本研究以關懷長者為出發點，希望能達到「青銀共好」的目標。

本實驗利用簡單的評估方式，分析後牙咬合對數對於咀嚼功能的影響。所採用的研究材料大多是生活中唾手可得，因此本研究採用的簡易實驗方法貼近日常生活，可重複執行性高，具有高度的生活應用價值。最後，在選擇用來測量咀嚼時間與咀嚼次數的食材時，我學習到研究設計時，前瞻性研究的重要與意義。前瞻性研究可以協助我們先確認研究方法的可行性與如何減少研究誤差，可以藉由前瞻性研究的結果，用科學化的方法修正實驗的材料與方法，也首次利用科學實驗方法，驗證研究結果的可信度，藉此提升研究成果的價值。

四、本研究的創新發明

高齡長者的咀嚼功能是面臨高齡化社會一項非常重要，且近年來頗受關注的議題，本研究提出對長者而言，剩餘牙齒位置比數目來得更值得令人關注，再度重申咬合對數的重要性。但對於非醫療相關人員的我們來說，我們只知道成人有 28 顆牙齒（不包含智齒），日常生活中要我們在短時間內判斷出咬合對數有多少，其實是一件相當困難的事。為了提升本研究成果的應用價值，我設計了「咬合對數」簡易對照工具，只要對應剩餘尺咧狀態，藉此輔助即可在短時間內輕鬆判讀出正確的咬合對數，希望能確實將本研究成果應用於日常生活中。

五、本研究的限制與不足之處

這項研究揭示了多個有價值的臨床應用和創新的發現，但仍然存在一些研究上的限制，我們都知道如果牙齒健康狀況良好，那麼可以咀嚼比較硬的食物，但在本

實驗中我們並沒有考慮受試者牙齒健康的狀況，不過這項研究的主要招募標準是所有受試者都可以吃任何他們想要吃的食物，並排除有吞嚥困難和顛下顎關節疾病的受試者，因此能排除因為牙齒狀況不好影響咀嚼能力所造成的誤差。但其實我們都知道，在我們身旁的許多老年人吃飯都有困難，例如：顛顎關節障礙，可能使嘴巴打不開；中風可能造成咀嚼肌功能受損；中風或失智症有可能造成吞嚥困難。因此本研究設計並不能代表所有老年人口。我們對於受試對象的篩選，會讓研究結果僅局限於某些特定族群，就像本研究因為限制高齡長這平時能吃任何他們想吃到東西，所以他們都具備了 3 或 4 對的咬合對數，雖然本研究提出了過去未曾闡述的創新發現：如果高齡族群具備 3 對以上的咬合對數，便能擁有理想的咀嚼功能，但本研究的後續評估如：咀嚼時間、咀嚼次數與咬合力，卻只能針對特定咬合對數（3 或 4 對的咬合對數）進行分析。未來將依尋研究發現的趨勢與關聯性，改變各組別不同條件的篩選標準，再行更深入的研究，相信必能有更創新與前瞻性的各項發現，以期能增進高齡者福祉與藉此拉近世代間的情感。

此外，本研究利用食物質地來評估咀嚼能力，但僅限於國際吞嚥困難飲食標準中的第 5、6 和 7 級。進食時間的定義包括咀嚼和吞嚥的口腔階段，未來進一步的研究應著重於老年人口中唇壓和舌壓對吞嚥功能的影響。國際吞嚥困難飲食標準從 0-4 級可用於評估進一步研究中的吞嚥功能，舌頭靈活性和伸展動作對進食時間的影響也值得在將來再做深入研究。

六、未來展望

本實驗研究對象的設定是可以自主進食的 65 歲高齡健康長者，但我們知道很多老年人有許多慢性病，飲食需要旁人幫忙，我們認為這或許跟食物軟硬度選擇不當有關，選擇太硬的食物他們咬不動才需要旁人幫忙，在發現咬合對數與咀嚼功能有高度關連後，未來將延伸本實驗，找出不同咬合對數所能接受不同食物軟硬度的極限，期望可以發展出簡易的公式，日常生活中只需要根據長者的咬合對數，就能

立刻對應出他們適合的食物質地。針對咀嚼功能較差的高齡族群，進一步研發軟化食材的方法，讓他們不用在被餵食糊狀的食物，並研究這些長者們在食物軟硬度改變後，生活品質的改善程度。同時，也希望開發科學化的儀器設備，能同時測量咬合力與磨碎食物所需的力量大小，讓口腔生理狀態與食物軟硬度分級做更精確的連結。

另外，本研究所使用的咬合測定儀，為外婆的朋友（一位大學牙醫系的老師）熱心借用。他也是參與本研究的受試者，他聽到我的研究構想後，非常讚許與支持，他建議我應該要有科學化的儀器輔助整個研究的進行，才能增加研究成果的可信度，還熱心幫我借用此咬合力測量儀器，甚至麻煩專業牙醫師教導我儀器的操作與數據的判讀，我心中實在非常感激。但該儀器設備為專業研究設備，要價不菲且普及率低，若未來要應用在日常生活中著實不易，我希望在理解咬合力測量儀的原理後，未來能開發簡易且價格親民的科學化儀器設備，它能同時測量咬合力與磨碎食物所需的力量大小，讓口腔生理狀態與食物軟硬度分級做更精確的連結，也能增加日常生活的可行性。

柒、結論

本實驗發現對於高齡長者而言，後牙咬合對數的多寡與咀嚼時間、咀嚼次數、和咬合力有高度相關。增加後牙咬合對數會大幅縮短咀嚼時間和咀嚼次數，也會顯著地提高咬合力，可見後牙咬合對數越多是保持良好咀嚼功能的關鍵，本實驗證實藉由咬合對數的判讀能有效反映口腔的咀嚼功能。

本實驗讓我對年長者的口腔保健及咀嚼功能有更進一步的瞭解。本研究首次提及咬合對數的觀念，顛覆過去只在乎剩餘牙齒數目對於口腔功能的影響。我發現，咬合對數是分析咀嚼功能的有效方法，我們創新發現對於老人家咀嚼能力的好壞，剩餘牙齒的位置遠比剩餘牙齒的數目來得更為重要，若能增加咬合對數便能可以有效提高咀嚼能力。日常生活中可根據本研究成果，利用咬合對數來評估年長者的咀嚼功能，面對咬合對數較少的長輩，可以使用經過預先處理食物或精製的食物使他們更容易的咬碎食物及攝取營養，希望能改善老年人因為咬不動，誘發營養不良的問題。這項研究也說明，保有本身牙齒健康，以獲得更多的咬合對數，將能擁有更好、更有效的咀嚼，也可以從食物中獲得更多的食物營養的質量，提醒長者口腔保健的重要。

本實驗設計使用非侵入性的客觀評估，試圖以簡單且生活化的研究方法，評估長者的咀嚼功能，達成關懷長者，友善高齡的目標，這是本研究的優勢所在。我希望未來能開發出好用的 APP，使用者只要拿起智慧型手機，對著自己的口腔照一張照片，就能透過 APP 知道自己的咬合對數，並且知道自己適合吃什麼食物，有效協助非醫療專業人員，簡易且快速分析後牙狀態與咀嚼功能的關係。本研究具有高度的生活應用價值與延伸性，將來可以進一步延續本研究方法，發展可應用於預測老年人對食物質地耐受性的參數，藉此提高生活質量，還可以用於咀嚼訓練。

捌、參考文獻資料

1. 陳秋民等 (2018)。國民小學自然與生活科技第四冊。臺南市：翰林。
2. 陳秋民等 (2019)。國民小學自然與生活科技第六冊。臺南市：翰林。
3. 行政院衛生福利部 (2019)。進食、吞嚥困難照護及指導方案指引手冊。臺北市：胡月娟。
4. 蔡宗伯 (2010)。聊聊欠損齒列與交錯咬合。中華民國復牙科學會會訊，15(1)，17-25。
5. 張家臻、莊筑雅、鍾采玲、莊雅硯、陳怡安、邱麗玲 (2016)。分析國內外老人飲食建議及質地分級現況。臺灣營養學會雜誌，41(4)，113-123。
6. 行政院衛生福利部國民健康署 (2018)。吃進健康，營養新食代。臺北市：邱麗玲等。
7. 研究發現咀嚼防失智 副總統：促進口腔保健 (2019 年 10 月 22 日)。國立教育廣播電台。
取自 <https://tw.news.yahoo.com/研究發現咀嚼防失智-副總統-促進口腔保健-041640719.html>
8. Suma, S., Furuta, M., Takeuchi, K., Tomioka, M., Iwasa, Y., & Yamashita, Y. (2021). Number of teeth, denture wearing and cognitive function in relation to nutritional status in residents of nursing homes. *Gerodontology*. doi:10.1111/ger.12554
9. Trpevska, V., Kovacevska, G., Benedeti, A., & Jordanov, B. (2014). T-scan III system diagnostic tool for digital occlusal analysis in orthodontics - a modern approach. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki)*, 35(2), 155-160. doi:10.2478/prilozi-2014-0020

【評語】 082901

台灣已經邁入高齡社會，本研究以高齡長者作為觀察研究對象，評估牙齒對數與日常性咀嚼能力，包括咬合力、咀嚼時間、咀嚼次數、與可接受的食物軟硬度之間的關聯，研究主題有創意。但許多細部資料可再加強，如樣品數稍低、醫療儀器及資料來源、受試者同意書、圖表的數據及單位不夠清晰明確等。

作品簡報

樂齡長者食尚老人家

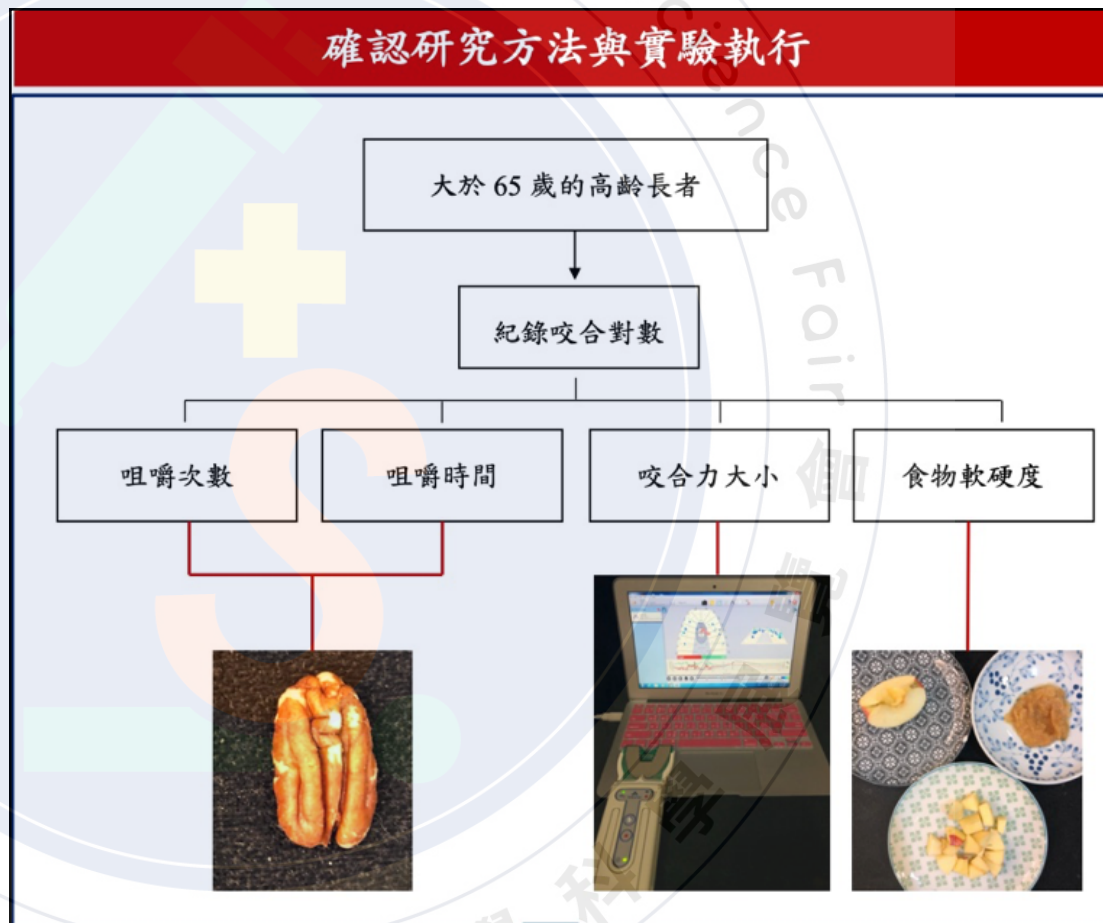
探討高齡長者後牙齒列狀態對於咀嚼生理機能的影響

科別：生活與應用科學二

組別：國小組

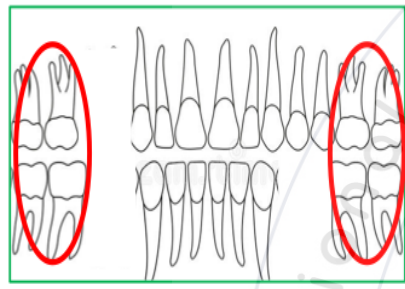
實驗目的

探討高齡長者
咬合對數與
咀嚼時間、
咀嚼次數、
咬合力、
食物軟硬度的
關聯性

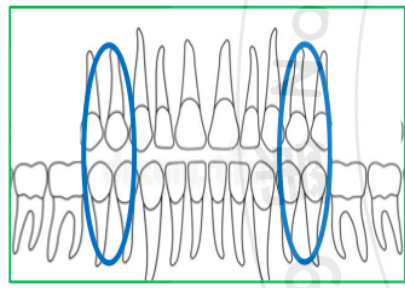


咬合對數算法

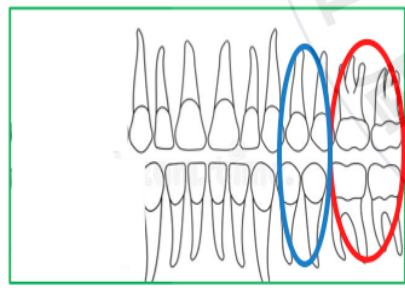
咬合對數2



B2

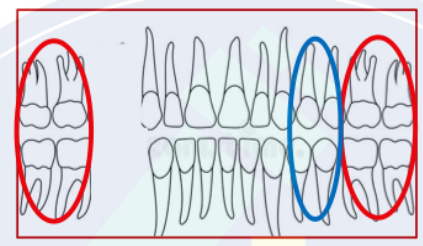


B2

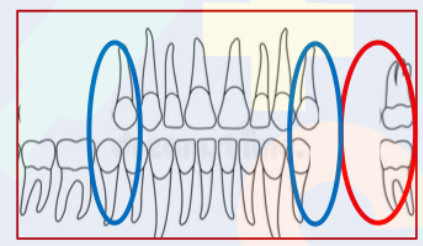


B2

咬合對數3

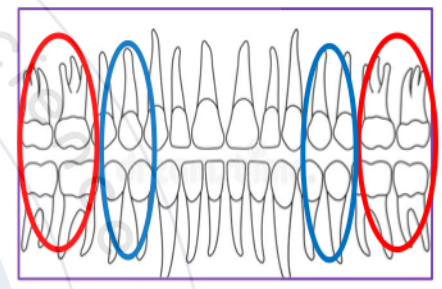


B1

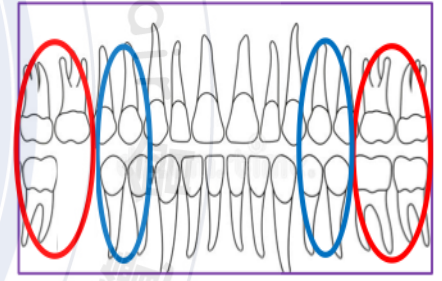


B1

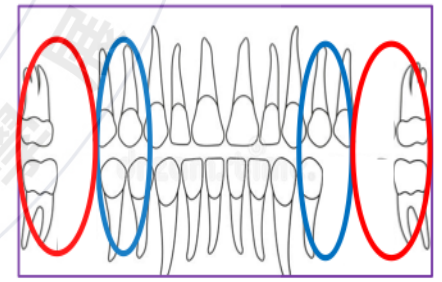
咬合對數4



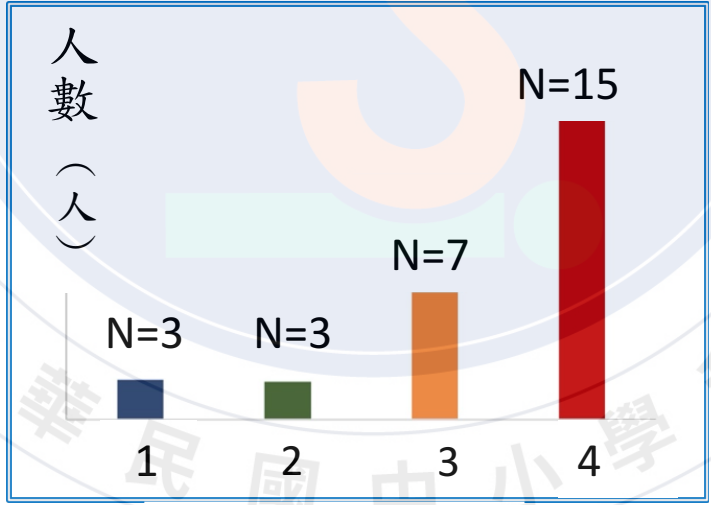
A1



A2



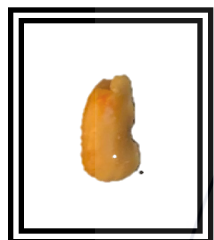
A3



咬合對數 (對)

前導研究

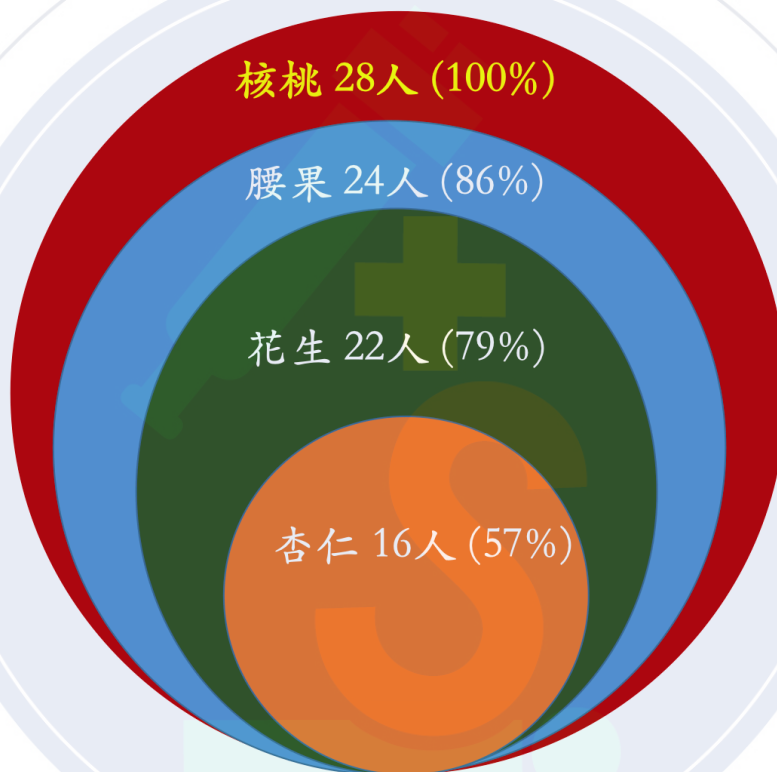
決定測量咀嚼次數與咀嚼時間的標準食物



花生



杏仁



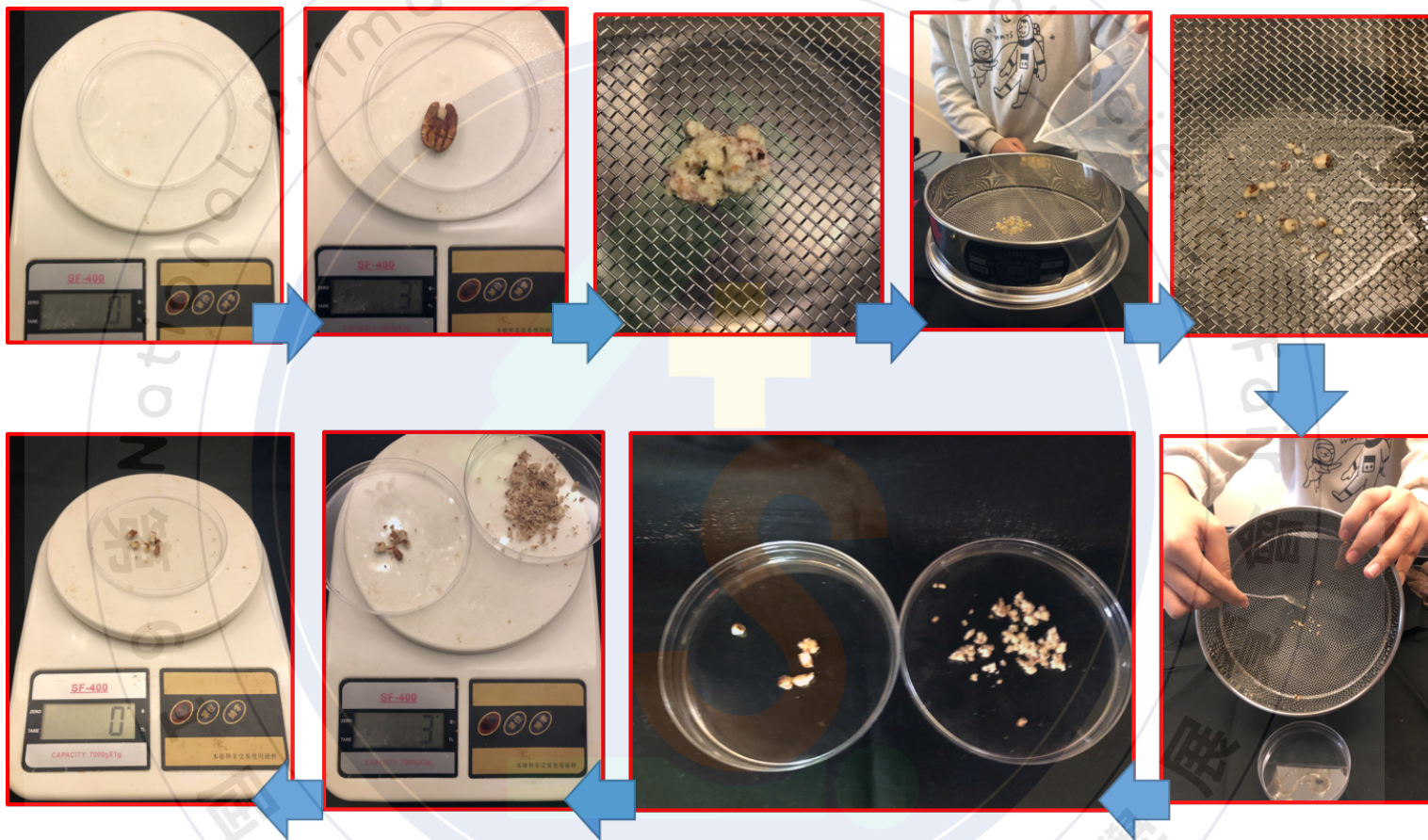
核桃



腰果

實驗共**28**人參與
結果：用**核桃**進行實驗

驗證咀嚼成功與否的研究



濾網上殘餘量 < 50%



咀嚼成功

濾網上殘餘量 > 50%



咀嚼不成功

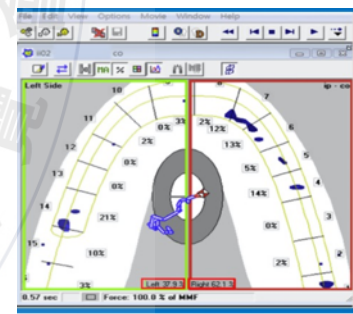
實驗結果

三對以上的咬合對數會有效縮短咀嚼次數和咀嚼時間。

結果	變因		估計值	標準誤	P值
咀嚼次數	咬合對數	2	0.92	9.77	0.93
		3	19.0	8.21	0.02*
		4	對照組		
咀嚼時間	咬合對數	2	2.62	6.80	0.70
		3	13.1	5.71	0.02*
		4	對照組		

實驗結果 咬合對數與咬合力的關係

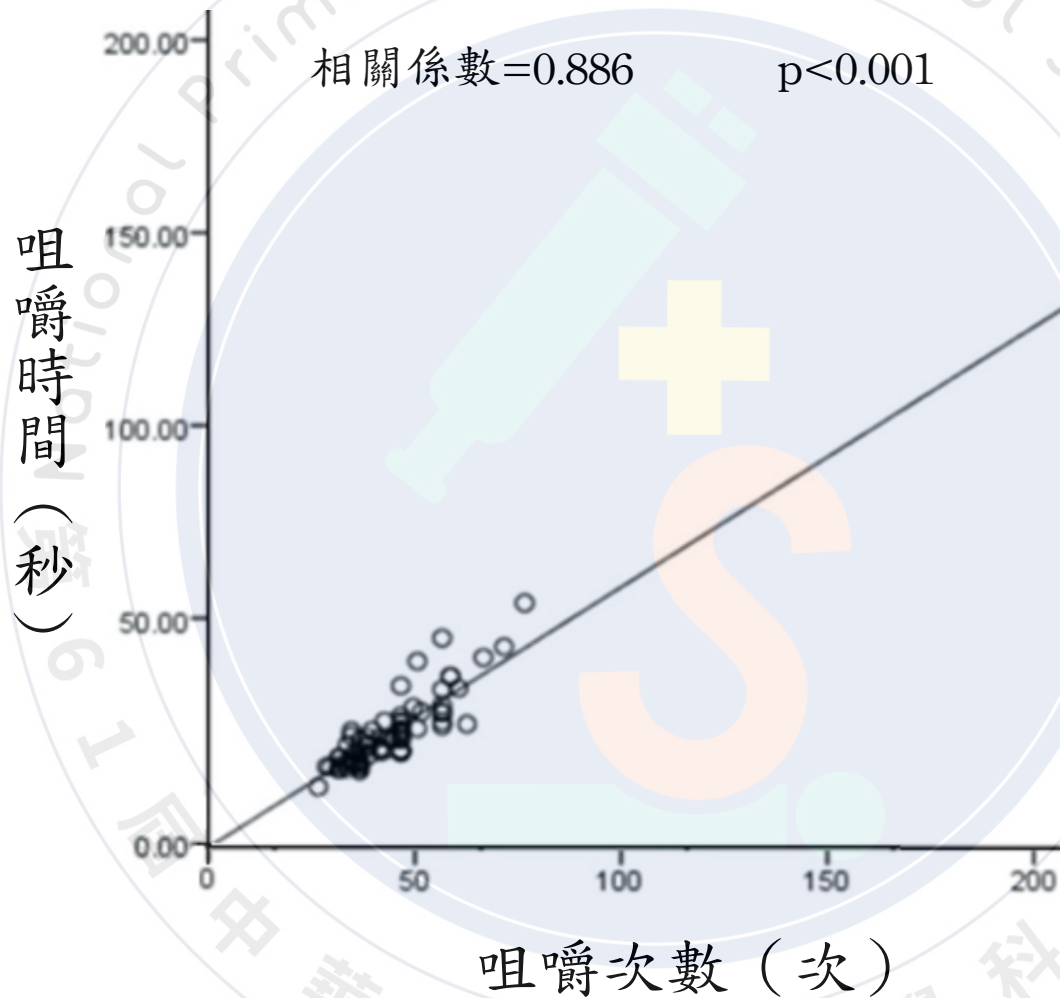
結果	變因		估計值	標準誤	P值
右側 咬合力	右側 咬合對數	0	-25.8	9.60	0.008**
		1	-12.4	3.76	0.001***
		2	Ref.		
左側 咬合力	左側 咬合對數	0	-2.56	14.6	0.86
		1	-1.81	4.19	0.67
		2	Ref.		



咬合對數和咬合力有顯著相關

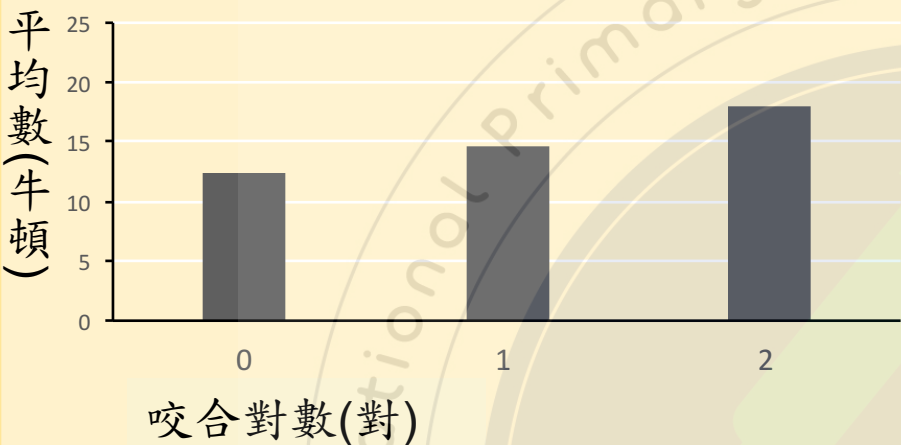
實驗結果

探討咀嚼時間及咀嚼次數的相關性

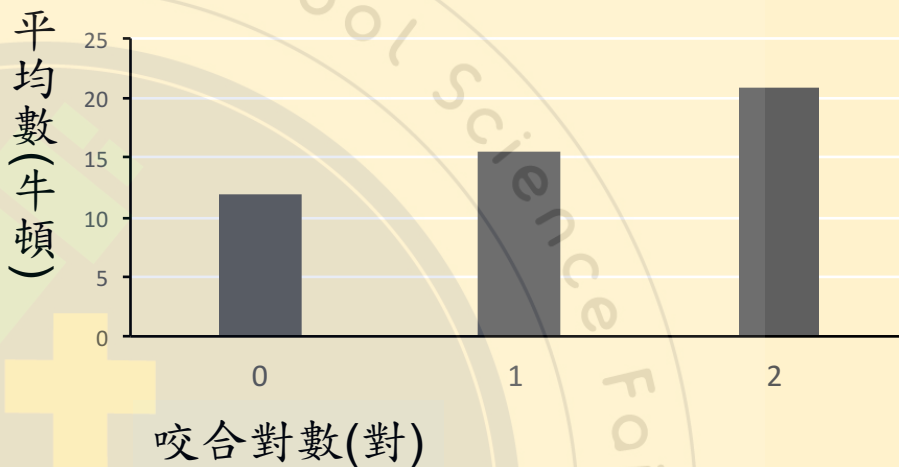


咀嚼次數和咀嚼時間有顯著的正相關

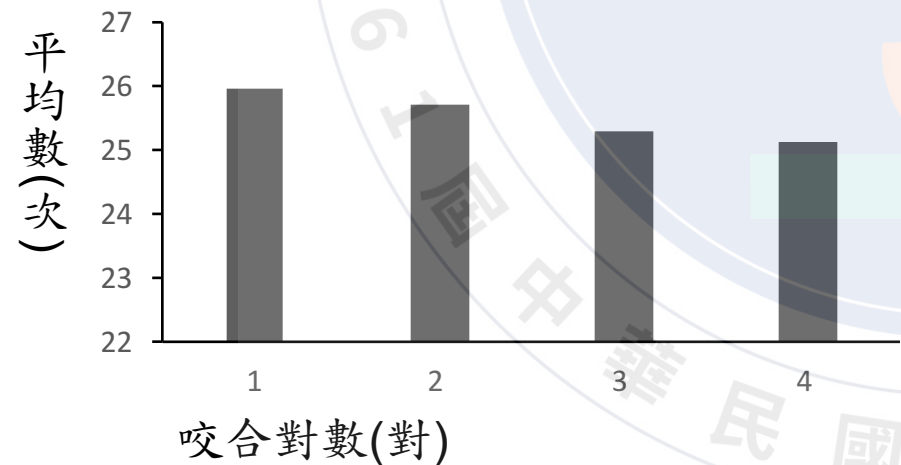
左側咬合對數和咬合力



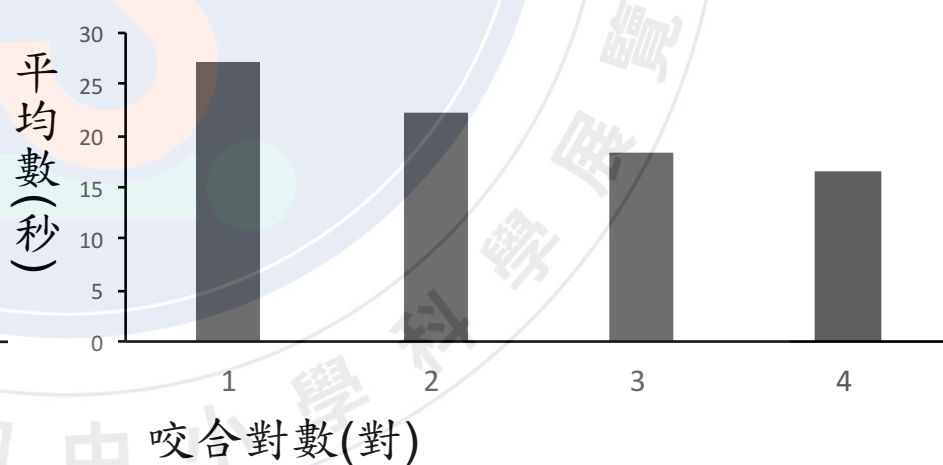
右側咬合對數和咬合力



咬合對數和咀嚼次數

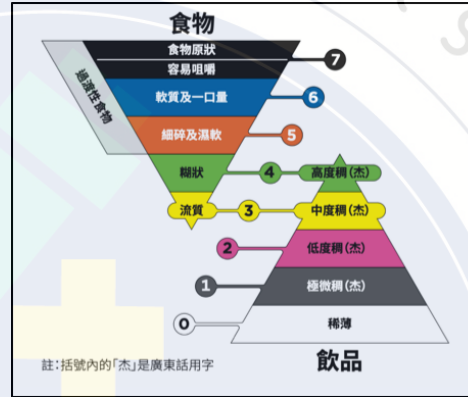
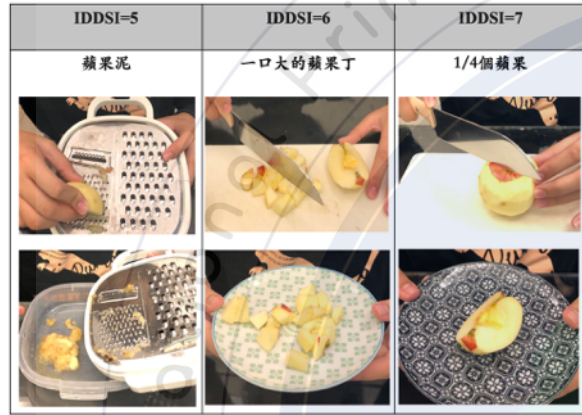


咬合對數和咀嚼時間



實驗結果 咬合對數與食物軟硬度的關係

人數(人)



N=3

咬合對數 1

蘋果泥
(IDDSI=5)

N=3

咬合對數 2

蘋果丁
(IDDSI=6)

N=1

咬合對數 3

N=6

咬合對數 3

蘋果切片
食物軟硬度(級)
(IDDSI=7)

N=15

咬合對數 4

3對以上的咬合對數咬得動IDDSI六到七級的食物

結論

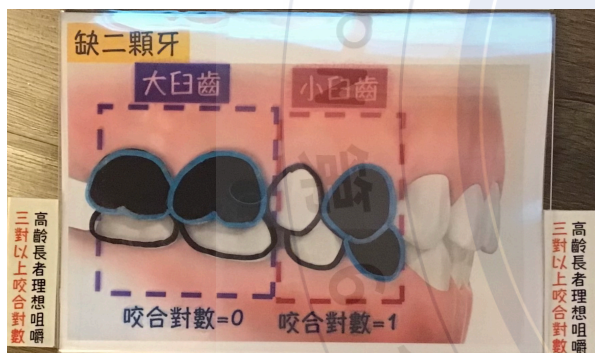
- 咬合對數與咀嚼時間、咀嚼次數、咬合力高度相關
- 具3對以上的咬合對數具理想的咀嚼功能

參考文獻資料

1. 行政院衛生福利部（2019）。進食、吞嚥困難照護及指導方案指引手冊。臺北市：胡月娟。
2. 蔡宗伯（2010）。聊聊欠損齒列與交錯咬合。中華民國復牙科學會會訊，15(1)，17-25。
3. 張家臻、莊筑雅、鍾采玲、莊雅硯、陳怡安、邱麗玲（2016）。分析國內外老人飲食建議及質地分級現況。臺灣營養學會雜誌，41(4)，113-123。
4. 行政院衛生福利部國民健康署（2018）。吃進健康，營養新食代。臺北市：邱麗玲等。
5. 研究發現咀嚼防失智 副總統：促進口腔保健（2019年10月22日）。國立教育廣播電台。取自 <https://tw.news.yahoo.com/研究發現咀嚼防失智-副總統-促進口腔保健-041640719.html>

未來展望

1.將咬合對數的簡易對照工具數位化，讓更多長輩可以擁有屬於自己的美味菜單。



分級	食物範例
7	3×3×3公分 豬、雞 煮 30 分鐘 魚 煮 3 分鐘
6	1.5×1.5×1.5公分 豬、雞 煮 30 分鐘 魚 煮 3 分鐘
5	0.4×0.4×0.4公分 豬、雞 煮 30 分鐘 魚 煮 3 分鐘