

透過 Otsu 之階層式切割偵測牙齒 X 光影像發炎區域

王豫勇

靜宜大學資訊工程學系

s9972008@pu.edu.tw

黃柏穎

中興大學資訊科學既工程學系

phd9605@cs.nchu.edu.tw

摘要

牙齦炎從牙齒 X 光片之牙齦區呈現明暗程度較暗的區域來判斷。由於各醫院每天所產生的 X 光片影像數量非常的可觀，然而 X 光片影像可能因環境變數不同，使得影像品質不一，因此造成診斷上的困難。由於牙齒之灰階值和牙齦接近，會影響發炎偵測的結果，因此我們只針對牙齦區域進行切割。本論文透過 Otsu 且使用階層式切割將牙齦發炎程度分級：嚴重發炎、次發炎、疑似與正常。由於醫生整天看的 X 光片影像繁多，將發炎程度分級可輔助醫生診斷，避免忽略病變的區域。

關鍵詞：牙齦炎、Otsu、直方圖等化、區域成長

壹、緒論

醫療技術先進，國人對於牙齒保健意識越來越高漲，使得各醫院每天所產生的 X 光片影像數量非常的可觀。由於視覺死角和醫生可見範圍外不易被察覺，X 光片影像在醫學診斷上是不可或缺的程序，X 光片影像可以幫助醫生輕易掌握病患的狀況。但若因人為操作導致牙齒 X 光片影像品質不佳，導致肉眼來判斷的時候，可能讓辨識診斷時出錯或是疏忽。因此，通常醫生只會針對可能產生病灶的區域加以檢視診斷，忽略了初期較小的病灶，這些都是需要電腦來輔助診斷。

現代人工作繁忙，不但三餐外食機會多，也經常忽略自己的口腔保健，造成可怕的牙齒問題。在牙齦炎和牙周病主要是革蘭氏陰性菌或是核粒梭形桿菌，中間型產黑色素類桿菌和螺旋體等。當口腔衛生條件較差而停止刷牙數日，菌斑的集聚日俱漸增而引起的。初期的牙齦炎病人難以去發掘，其病狀是牙齦會呈現暗紫色，但無任何疼痛，如果讓牙齦炎繼續發展，牙齦間隙加深形成牙周袋，使牙周纖維破壞，牙槽骨被吸收，就成了牙周病。

根據 X 光片影像，發炎會破壞牙齦結構，讓牙齦結構裸空，在拍攝時，發炎區域較無牙槽骨附著物，與附近區域相比，較為暗淡而且較平滑。但不同環境下拍攝出來的 X 光片影像，可能會因為拍攝角度導致曝光不平均、組織過於複雜導致雜訊太多或邊緣無法清晰的區分，導致發炎區域判斷錯誤。

因此提出了一個牙齦之不同發炎程度的切割方法，能夠避免上述情形造成牙齦發炎程度判斷錯誤，且能夠將次發炎與疑似發炎的部份切割出來，分層輔助醫生診斷。

本論文架構分為五個部份，第貳節敘述牙齦炎和牙周病 X 光影像之特性，以及所應用到的影像處理的技術。第參節說明偵測發炎的作法。第肆節為實驗結果。最後為結論。

貳、相關研究

一、發炎說明

針對牙齦炎和牙周病之 X 光片影像特性，偵測發炎可歸納為三個方向：(一)區域、(二)明暗程度及(三)紋理與形狀。

(一) 區域：根據 X 光片影像，牙齦發炎區域主要在於牙根尖附近，但是病灶的區域也可能因為病人的狀況因而嚴重到整個牙齦，如圖 1(a)。

(二) 明暗程度：發炎會破壞牙齦內的組織，由影像可得知發炎區域會由於被破壞的程度，呈現較暗的情形。因此可以根據 X 光片影像的灰階值來區分牙齦炎的嚴重程度，嚴重發炎為灰階值較低的區域，如圖 1(b)。

(三) 紋理與形狀：根據影像處理的觀點來看此類的 X 光片影像，牙齦炎的病狀在於侵蝕牙齦內組織的牙本質，當牙本質被侵蝕光，代表發炎已很嚴重，可根據 X 光片在牙齦部分的紋理特性去做發炎區域嚴重的篩選。在形狀上，發炎大多由牙根尖引起，

而牙齒又是人體中最硬的組織，所以發炎的形狀是環繞在牙根尖附近的近似圓的黑色區域，如圖 1(c)。

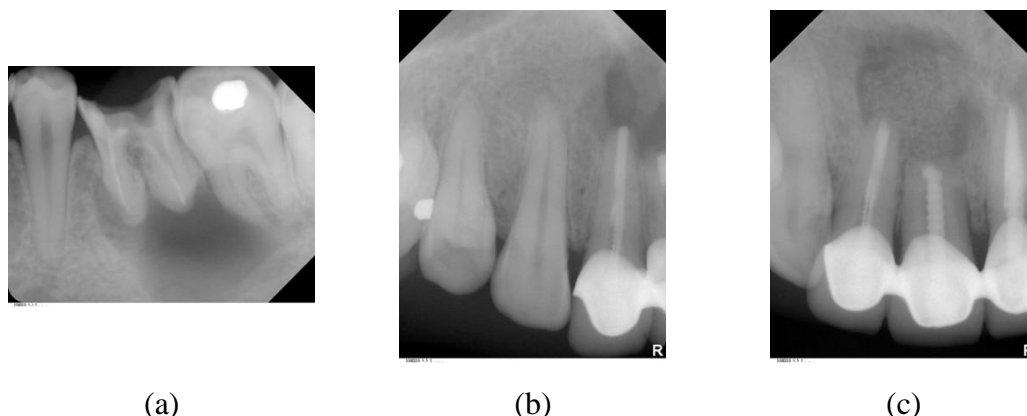


圖 1 牙齦炎和牙周病之 X 光片影像：(a) 牙根尖發炎；(b)嚴重發炎；(c)發炎區域近似圓

X 光片影像，可由影像的特性給予影像的分析與處理，達到分類的效果，在牙齦的明亮程度，用 Otsu 做明亮程度的區分。在發炎區域的紋理與形狀，用拓樸結構 Canny 邊緣資訊找尋較大的裸空區塊，根據這些區塊做發炎區塊和非發炎區塊的篩選。

二、 Otsu 門檻值運算[1][4]

Otsu 門檻值運算是求整體臨界值(global threshold)將影像直方圖(Histogram)視為一種機率分佈，若物體和背景的直方圖屬於常態分佈，在可設定兩個直方圖重疊的地方為門檻值。

假設一張影像灰階範圍為 $[1,2,\dots,L]$ ，令 n_i 是灰階值 i 的像素數目， N 是像素總數，而 L 是灰階數($L-1$ 則為最大灰階值)，則 $P_i=n_i/N$ 為像素值 P_i 在影像中的機率。選定一個門檻值，將影像分為兩類 C_0 和 C_1 ，其分別為背景與物體，其中 C_0 表示為 $[1,k]$ 個像素， C_1 表示為 $[k+1,L-1]$ 個像素。可定義以下的式子

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k P_i \quad (1)$$

$$P_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} P_i = 1 - P_1(k) \quad (2)$$

$$\mu(k) = \sum_{i=0}^k i P_i \quad (3)$$

$$\mu_T = \mu(L) = \sum_{i=0}^{L-1} i P_i \quad (4)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=0}^k i P_i(i|C_1) = \frac{1}{P_1(k)} \sum_{i=0}^k i P_i \quad (5)$$

$$\mu_2 = \sum_{i=k+1}^{L-1} i P_i(i|C_2) = \frac{1}{P_2(k)} \sum_{i=k+1}^{L-1} i P_i \quad (6)$$

其中， P_1, P_2 為屬於 C_1, C_2 類像素的機率， P_i 機率值， μ_T 為整張影像的平均灰階值， μ_1, μ_2 為 C_1, C_2 類像素機率的平均灰階值。

由(1)與(2)公式可以得到 $P_1 + P_2 = 1$ 。為了評估門檻值 k 的好壞，藉由正規化且無單位的量測方式 $\eta = \sigma_B^2 / \sigma_G^2$ ，其中， σ_G^2 是整體變異數(global variance)，亦即影像中所有像素的強度變異數，公式如下

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_T)^2 P_i \quad (7)$$

而其中 σ_B^2 是類別間變異數(between-class variance)，定義成

$$\sigma_B^2 = \frac{(\mu_T P_1 - \mu_1)^2}{P_1(1 - P_1)} \quad (8)$$

以 η 的最大值當作選取最佳臨界值的依據，定義如下

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \quad (9)$$

並可將 σ_B^2 定義成

$$\sigma_B^2 = \frac{[\mu_T P_1(k) - \mu(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]} \quad (10)$$

Otsu 原理即為， η 的最大值即是找 $\sigma_B^2(k)$ 的最大值，滿足下式

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq k \leq L-1} \sigma_B^2(k) \quad (11)$$

故 k^* 為最好的門檻值。

三、 Canny 邊緣偵測[2]

邊緣偵測濾波器有 Sobel、Prewitt、Robert、Canny 等，Sobel 及 Prewitt 濾波器會依照其遮罩實現突顯影像高頻成分，可用不同的門檻值加以改變。Canny 邊緣偵測器則可經由參數 sigma(低門檻值與高門檻值)控制，Canny 提出兩個方法來滿足邊緣偵測器正確性的要求：非最大值抑制(Non-maxima suppression)與(遲滯門檻化) Hysteresis thresholding。非最大值抑制其最重要的觀念是每個像素都有一個方向，而邊緣像素梯度必須比鄰近的像素大。但 non-maxima suppression 輸出仍會帶有一些非邊緣(edge)的 local maxima；而遲滯門檻化方法設定了兩種門檻：低門檻與高門檻，門檻設的越高，邊緣變保留得越少，反之，門檻設的越低，邊緣保留得越多。

區域成長(region growing)[3][4]是像素根據預先定義的成長準則而聚合成更大區域的程序，方法是從一組種子點(Seed)出發，把與每個種子點有先定義之類似性質的鄰近像素添加進來進行區域成長。

令 $f(x,y)$ 代表一個影像陣列； $S(x,y)$ 代表含有在種子點位置處為 1 其餘為 0 的一個種子陣列；而 Q 代表在每一個位置 (x,y) 運用的述詞。陣列大小 f 和 S 假定有相同大小。基於八連通性的一個基本區域成長演算法可陳述如下：

找出 $S(x,y)$ 中的所有連通成分並侵蝕每一個連通成分到一個像素；將所有找到的這樣的像素表示為 1；在 S 中的所有其他像素標示為 0。形成一張影像 f_Q 使得：在座標 (x,y) 處，若輸入影像在那些座標處滿足所給的述詞 Q ，則令 $f_Q(x,y)=1$ ；否則，令 $f_Q(x,y)=0$ 。

令 g 為形成一張影像：對 S 中的每個種子點，將在 f_Q 中與該種子點八連通的所有值為 1 的點附加上去。

將 g 中的每一個連通成分以一個不同區域標記(例如 1, 2, 3, ...) 來標示。這是以區域成長法所得的分割影像。

參、 不同程度牙齦發炎之切割

本文提出的不同程度牙齦發炎之切割法分為三大步驟：(一) 影像對比度的增強，(二) 牙齦區域的篩選，(三) 不同程度之牙齦發炎之切割。

(一) 影像對比度增強：由於牙齒 X 光片在拍攝時過程中，可能因為曝光不均勻。此時，若直接使用整張 X 光影像之亮度做判斷，將會偵測到許多非病灶區域。所以在做病灶判斷前，先會對影像做以下增強方法。

1. 增強對比度：對整張影像做直方圖等化(Histogram equalization)，可以增強牙齒和牙齦的對比度。
2. 去除雜訊：用平均濾波(Average Filter)，讓影像其雜點消除，讓影像不會受到雜訊干擾判斷。

(二) 區域的篩選：在牙齒的 X 光片影像種類很多，主要包含了牙齒和牙齦，但也有可能拍攝到牙髓和其他病變區域。在做病灶偵測，可針對病灶可能發生的區域做篩選，增加其正確率。

1. 切除牙齦線以下區域：針對牙齦發炎和牙周病，其發生區域只會在牙齦部分出現，依此根據可把牙齦線以下區域做切除如圖 2(a)(b)。
2. 切除牙齒部分：牙齦發炎也不可能發生在牙齒上，所以也把牙齒做切除如圖 2(c)(d)。

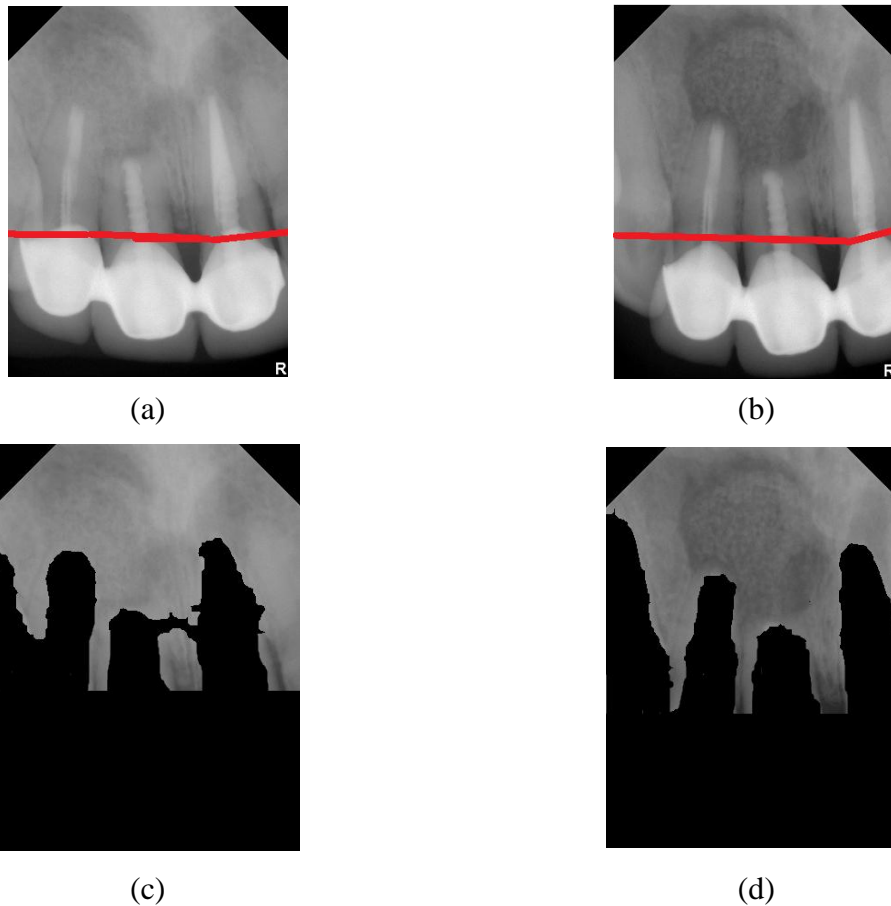


圖 2 (a) (b)為牙齦線區分影像，(c)(d)為牙齦線區分影像。

(三) 不同程度之牙齦發炎之切割：在 X 光片影像上，囊腫和發炎共同點在於像素跟附近區域的牙齦較起來較正常區域低，由此資訊可以把牙齦發炎的嚴重程度分層，達到早期發現早期治療的效果。方法如下(圖 3(a)為原圖)

- 1 由於發炎只在於牙齦區域，只取牙齦區域去做判斷分層，所以去除牙齒和以牙齦外的區域做判斷，可增加其正確率圖 3(b)。
- 2 對於 X 光片影像對比度不足，為了減少分層時的困難，對圖 3(b)做直方圖等化，拉開影像對比度如圖 3(c)。
- 3 影像經由直方圖等化後，影像雜訊的對比度也會被突顯出，對圖 3(c)做模糊化，減少雜訊影響判斷。
- 4 對模糊化影像做 Canny edge 邊緣偵測，找出邊緣資訊。
- 5 對 Canny edge 進行 dilation，將斷線的部分連在一起如圖 3(d)
- 6 利用 Connect component 找出封閉的區域。
- 7 發炎區域或是牙齦區域的區域大小都不會太小，所以對封閉區塊的區域大小做篩選，篩除較小的區塊如圖 3(e)。
- 8 對於圖 3(e)用 Otsu 方法篩出嚴重發炎區和非最嚴重區域，以非最嚴重區域再做一次 Otsu 的次等發炎區域與非次等發炎區域的篩選。同理，以非次等發炎區域，同理，分出可疑區域和正常區域。

- 9 以最嚴重區域、次等發炎區域和可疑區域為種子，用 region-growing 進行區域成長，根據嚴重程度區域給予優先權，最嚴重優先權最高，可疑區域優先權最低，當嚴重發炎區進行區域成長會與次嚴重區域有交集，此交集區域分子優先權較高為嚴重發炎區，切割結果如圖 3(f)。

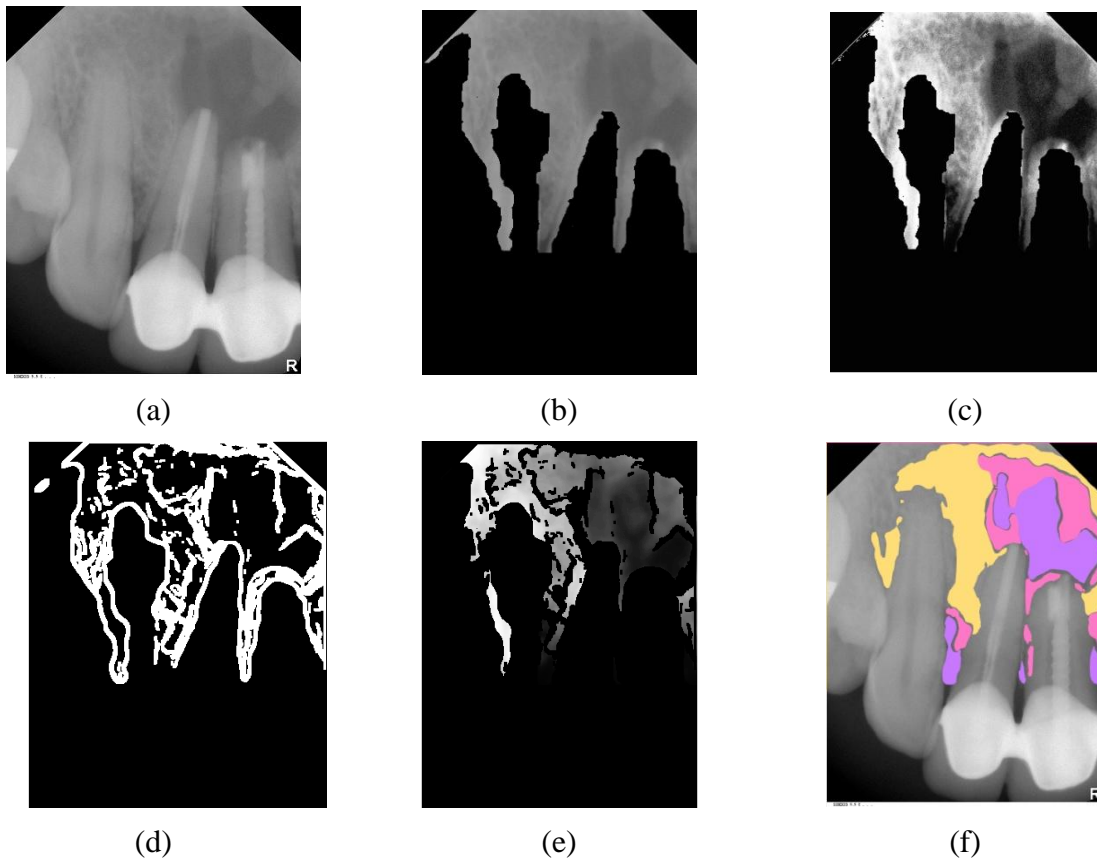


圖 3 (a)為原圖，(b)為除牙齦線與牙齒影像，(c)對圖(b)做直方圖等化，(d)Canny 邊緣偵測後做 dilation 影像，(e)封閉區塊大小篩選後的結果，(f)切割結果(紫色：嚴重發炎、粉紅色：次發炎、米黃色：可疑)。

肆、 實驗與結果

根據台中榮總提供的 X 光片影像的特性，針對此類的影像做牙齦發炎區域之分層，最深暗視為嚴重區標記為紫色，粉紅色區域為次發炎區，其第三區為米黃色為可疑區域，根據此分類來表是發炎的嚴重程度。圖 4 為 4 張 X 光片牙齦發炎影像與不同程度發炎之切割結果。圖 4(a- d)為原始影像，經過牙齦發炎區域切割可得到圖 4(e-h)結果圖。

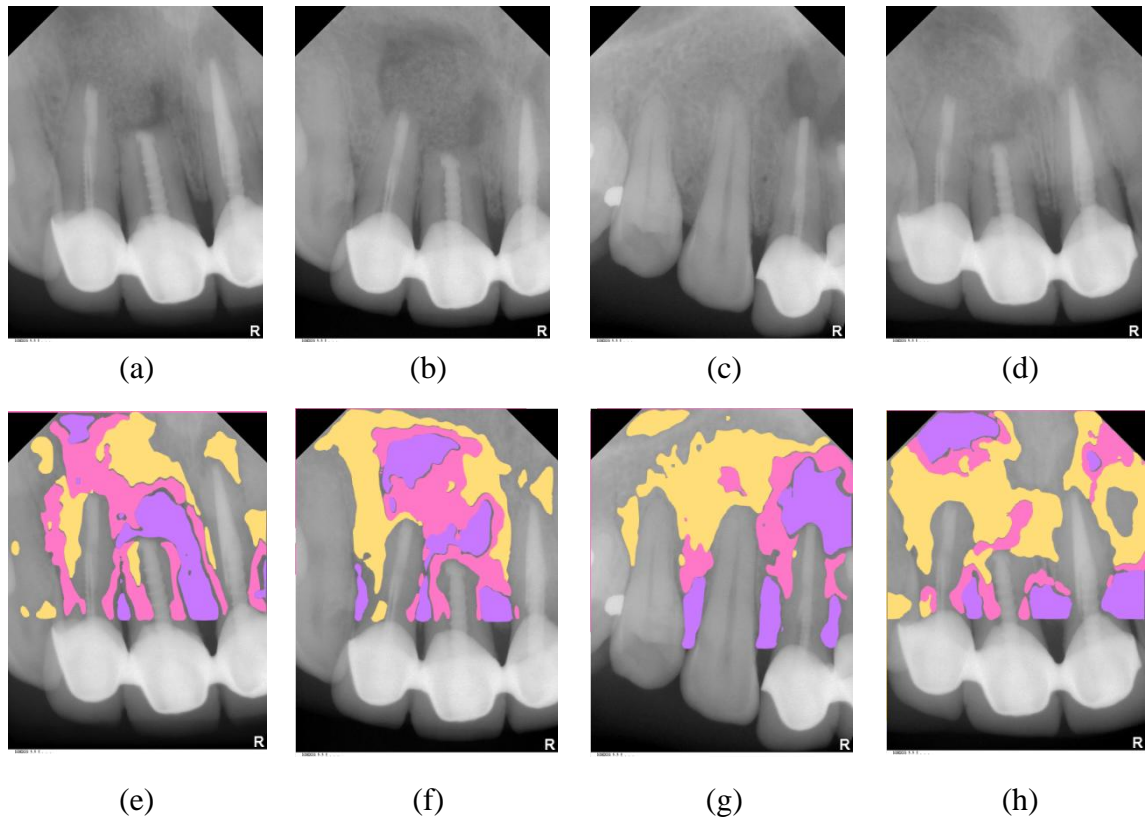


圖 4 (a)至圖(d)為原始圖，圖(e)至圖 (h)為結果圖，圖(a)對應圖(e)，圖(d)對應圖(f)。

伍、 結論

對於牙齒保健的概念，國人是越來越重視，但牙齒病變不只是牙齒本身的蛀壞，也可能造成牙齦附近組織的破壞，牙齒病變只會在表面，但牙齦發炎就有可能在內部，所以只能靠 X 光片影像去輔助。

本研究使用影像處理的技術，對於 X 光發炎影像之發炎程度給予分層，對 X 光片影像做影像分析與處理，歸納發炎病灶區的特徵。根據 X 光片影像，模糊不清的特性與雜點太多之缺點，針對影像對比度增強與去雜訊的動作，達到發炎偵測區域的分層。

現今影像處理的技術已非常成熟，針對 X 光片影像的特徵與特性做處理，對於影像要辨別剩如何對影像病灶特徵的做歸納，根據發炎 X 光片影像的歸納可得知，發炎的特徵主要是明暗度較黑，而且較平滑，因為發炎會對牙齦結構被破壞，導致牙槽骨被吸收就形成牙周病。

對於影像做分層輔助醫生診斷，醫生整天看的 X 光片影像繁多，可能因而忽略病變的影像，所以針對此類影像做分層，方便醫生做診斷。

參考文獻

1. N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. , 1979, pp. 62-66.
2. J.F Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, Vol 8, pp. 679-698.
3. Adams, R., Bischof, L., "Seed region growing," Pattern Analysis and Machine Intelligence(16:6),1994, pp.641-647
4. Gonzalez,Wood 著，繆紹綱譯，數位影像處理 3e, pp. 731-735
5. 蔡雅珊，林芬蘭著，2011，以人類感知辨認之牙齦線偵測演算法，台北市，數位科技與創新管理研討會

Hierarchical segment using Otsu for lesion detection in dental X-ray images

Yu-Yong Wang

Dept. of Computer Science and Information Engineering

Providence University

Shalu, Taichung, Taiwan

s9972008@pu.edu.tw

Po-Ying Huang

Dept. of Computer Science and Engineering

National Chung Hsing University

Taichung, Taiwan

phd9605@cs.nchu.edu.tw

Abstract

The gum lesion is the dark intensity region in the dental X-ray images. Due to the amount of the X-ray images from the hospital is large and the settings of taking X-ray images are variable, these make diagnosis difficult. The intensity of the teeth is similar to the gums and effects the results of segmentation. In this paper, we only focus on the region of the gums. We proposed a hierarchical segment using Otsu for lesion detection, dividing the lesion area into four levels: serious, sub-serious, suspected and normal level. The levels could be helpful for diagnosis and avoid ignoring the sub-serious and suspected lesion regions.

Keywords: gum lesion, histogram equalization, region growing