

Fractures of the mandible

Preoperative consideration

若是骨斷片只有些許位移並且仍有正常牙齒咬合(通常為ramus的骨折)，fractures-assessment score是良好的並可早期癒合，可以使用tap muzzle的保守方式治療。Muzzle 是使用兩個tape黏合，一個環繞在鼻部，允許張開嘴巴喝水，另一個tape環繞到耳朵後方。為了良好的癒合，muzzle必須放置至少6週，貓咪和短吻犬不適合使用。

而手術復位下頷骨除了外觀考量之外，通常下頷骨的骨折皆是開放性、伴隨著鼻腔或是口腔黏膜撕裂傷，常常造成病患嚴重的功能喪失、外觀缺損伴隨嚴重疼痛。早期的復位和固定骨斷片可以有效處理骨折和減少軟組織傷害，並且為回復下頷骨功能的最有效方法。

大部份下頷骨的骨折僅需要將斷片以anatomic realignment來復位，在粉碎性骨折或是部份骨消失，牙齒的對合可以協助手術復位的正確度。適當的對合和堅固的固定是其相關性的。

在顏面的創傷中，必需一併紀錄牙齒的狀態，若牙齒在骨折線上，我們應該要盡可能的保存該牙齒。移除牙齒會使手術的難度提高，並且會增加併發症的發生，移除牙齒會無法辨認牙齒對合的標記，並且減少可以固定骨斷片的結構。牙齒的移除可以發生在該牙齒已經斷裂、鬆脫或是無法穩定。

彎折力是下頷骨在咀嚼時主要承受的功能性壓力，下頷骨就想是一個長槓桿去對抗彎折力(Fig 4-1)。基本的biomechanical 原則是 tension band fixation，並且提供一個旋轉方向的穩定度。在 mandibular fracture，其斷裂位置會沿著齒槽緣，因為此位置有效的中和掉bending force。但是單一個tension band device無法有效的抵銷掉如旋轉力(rostral mandible)或是剪力(mandibular ramus)。因此，額外的fixation應該要被放置在平行但與tension band device有些許距離，所受壓力的骨頭處(遠離口腔)，才能有效的中和旋轉力和剪力。依照所選用不同的fixation形態，不可以將之置於齒根或是近尺根的神經血管處。

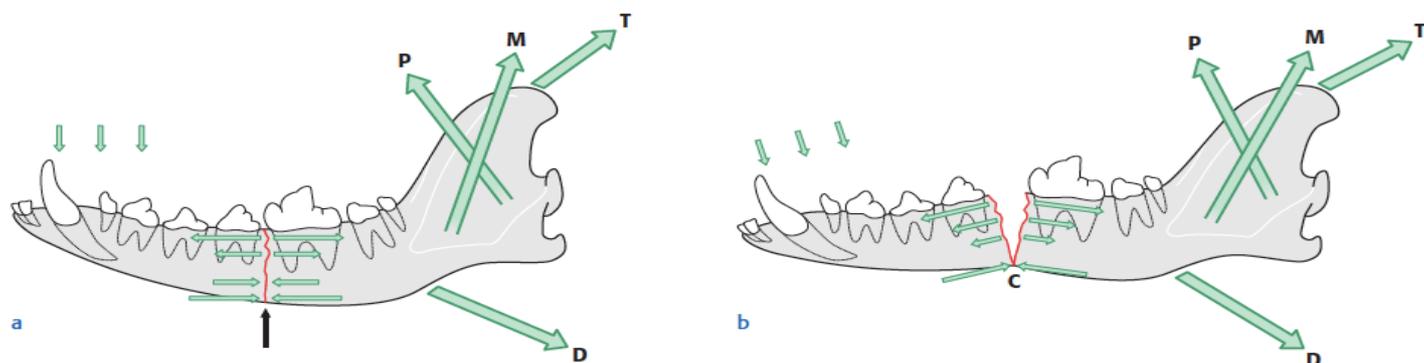


Fig 4-1a-b

- a Line drawing of a mandible demonstrating bending moments, ie, the continuum of tensile to compressive stresses from oral to aboral bone surface with closure of the jaw during normal (chewing, biting) function (medium arrows). Large arrows indicate pull of the major muscles of mastication (T temporalis muscle; M masseter muscle; D digastricus muscle; P pterygoideus muscle).
- b With a fracture, distraction occurs at the oral (alveolar) margin; compression occurs only at the point of bone fragment contact (C).

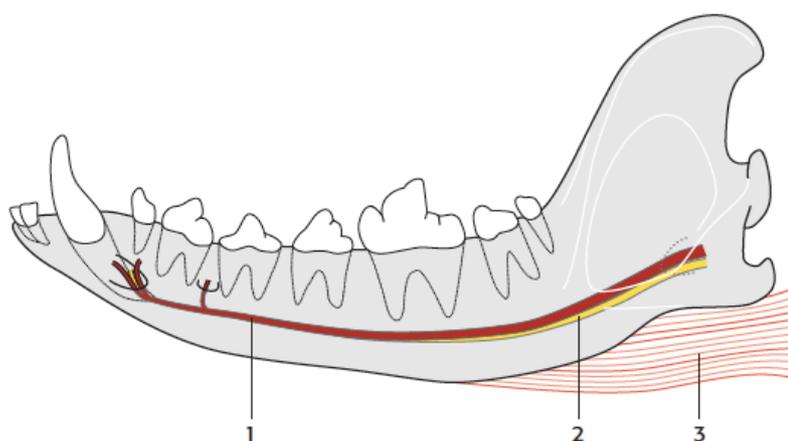


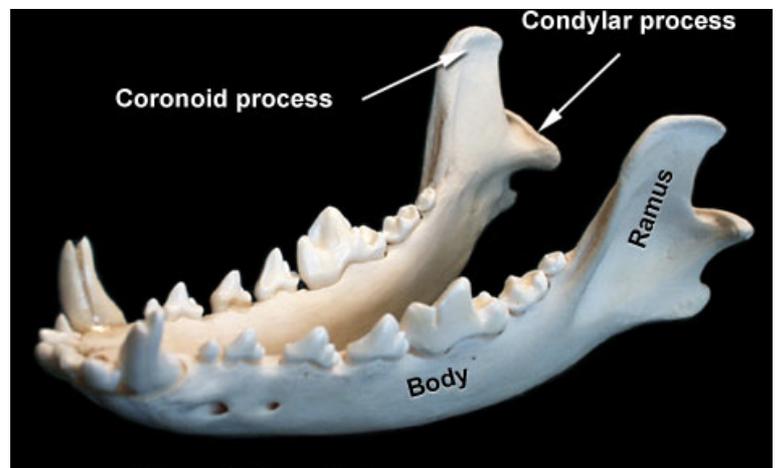
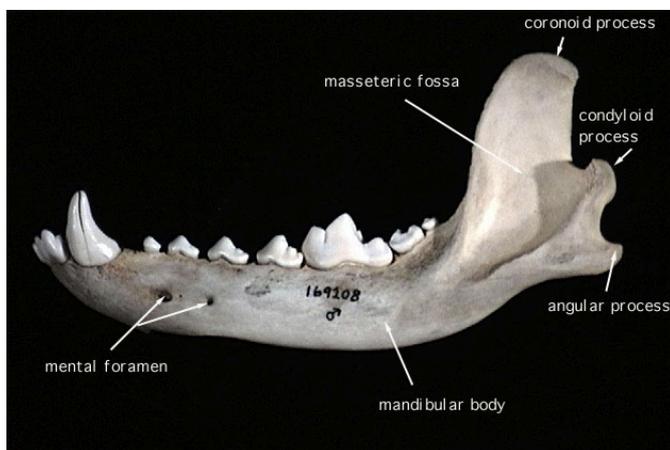
Fig 4-2 Surgical anatomy of the mandible including tooth root location, mandibular alveolar artery, inferior alveolar nerve, and digastricus muscle.

- 1 Mandibular alveolar artery
- 2 Inferior alveolar nerve
- 3 Digastricus muscle

Surgical anatomy and approaches

Implant的位置被(1)最大尺寸的牙齒給限制(最大牙齒幾乎佔了>50%的mandibular ramus從dorsoventral的高度，並且幾乎為100% rostral mandibular 的高度)，(2)mandibular canal。為了要避開這些結構，這表示implant只能被置放在ventral mandibular margin。此外，在vertical ramus處masseteric fossa的骨頭相當薄，在其周圍的骨頭，僅有頭端的coronoid crest和caudoventral margin的骨頭較厚，但是在coronoid crest處horizontal和vertical ramus交界處，有不規則的骨頭表面，若要置放implant較好的位置為coronoid crest和caudoventral margin。

Biomechanically，implant最佳的置放位置(tension band device)為coronoid crest，但是此處區域較小，並且表面不平整。



雖然許多mandibular fracture可以伴隨廣泛的口腔黏膜撕裂傷，並且可見口腔內有許多骨頭斷片。處理多數的mandibular fracture，ventral approach是較佳的方式。處理原則的例外為：若傷害在近mandibular condyle，lateral approach至temporomandibular joint(TM joint)是較好的選擇。Ventral

approach的優點包括：(1)可見所有的斷片，可以將其精確的復位，(2)較容易置放implant。如果僅有1/2的mandible fracture，下刀切開的位置應該要直接在骨折的那一側。當兩邊的mandible 都必須approach時應該考慮midventral切開。但是，分開兩側approach仍然可以容易的在暴露骨頭。

為了暴露mandible，orbicularis oris以及buccinator oral muscle 必須由ventral mandibular periosteum分離，併往兩側拉開，mylohyoideus和genioglossus muscle由mandible的內側分離拉開。建議保留在mandible腹側的digastricus muscle，這是唯一的肌肉動作於張開下巴。骨折發生在angular process、condyloid crest或是coronoid crest，必須處理使得兩側的digastricus muscle 恢復功能。Lateral approach在這個區域可以使用，但是鮮少成功。

多數在mandible和maxilla的simple fracture，通常為重建骨碎片的anatomical realignment，並且重建咬合。在嚴重的粉碎性骨折，或是骨頭缺失(槍傷)，正確的牙齒的咬合為手術回復正確與否的評估。在這些情況下，氣管插管應避免從口腔進

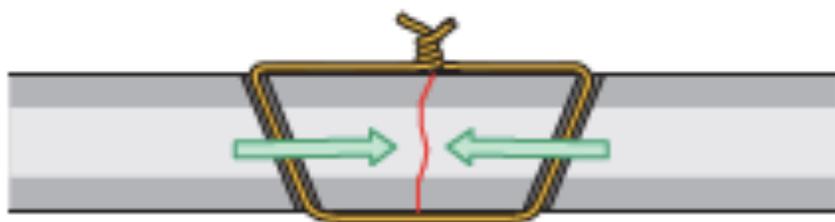
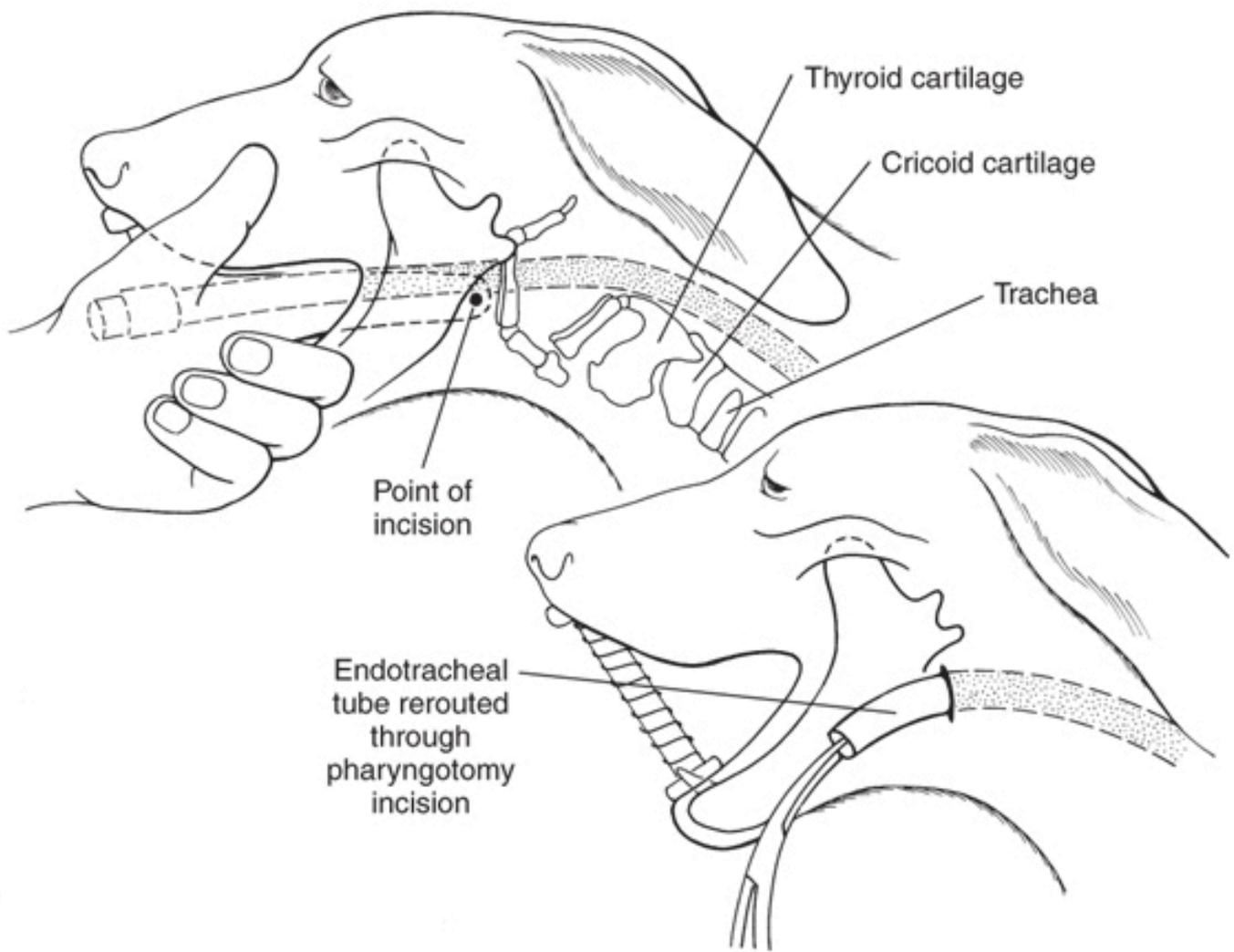


Fig 4-4 Single intraosseous wire applied to a transverse fracture compresses the bone fragments together (arrows) upon wire tightening.

入，pharyngotomy是較適合氣管插管進入的方式。



無菌的準備手術區域，包括口腔皆以標準的操作方式進行。眼睛必須以眼藥膏保護。Draping應避免暴露氣管插管經過的口腔。若是在需要使用牙齒對合來確定reduction的正確性(氣管插管繞道不經過口腔)，draping應包括口腔。舌頭應該使回縮至咽喉，以避免干擾手術中評估牙齒對合。

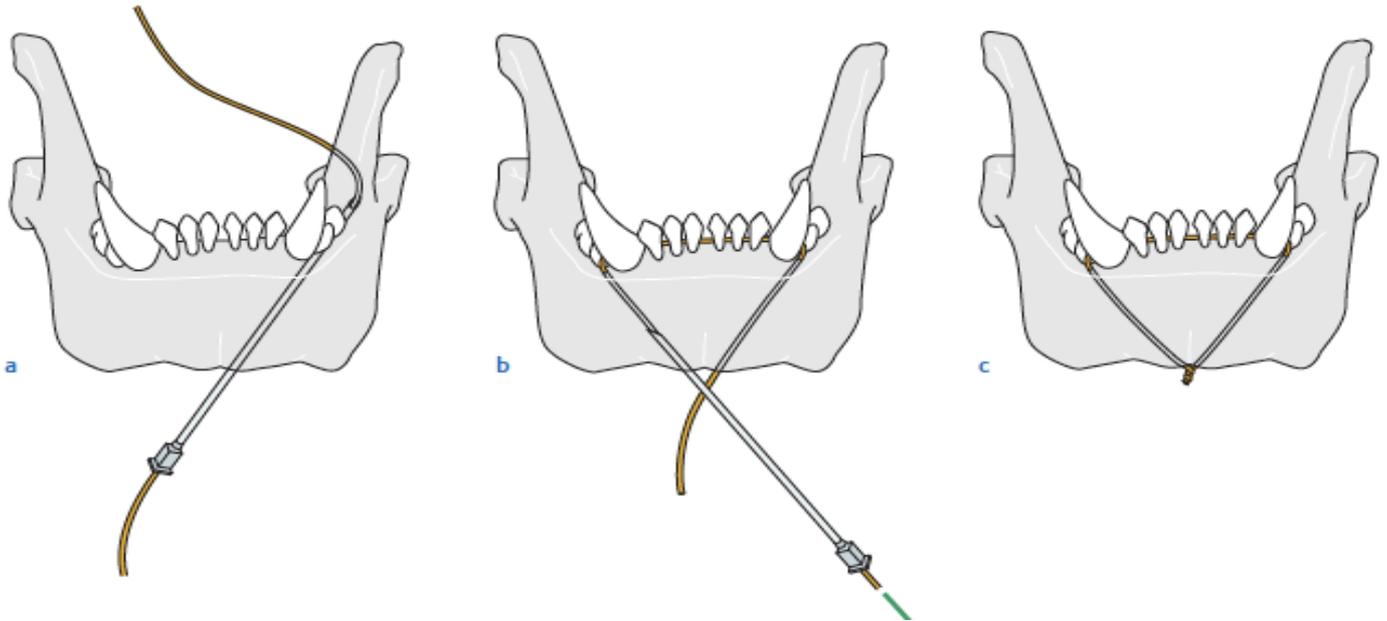
Wire application for symphyseal fracture

下頷骨聯合處的斷裂，使用大尺寸的針頭穿過齒齦，再將wire穿入，並將其wire環繞過兩側犬齒後固定(Fig 4-3)。可能需要注意的是，在貓上顎骨可能也同時生骨折，但是此種上顎骨的骨折通常是穩定壓迫的骨折，因此並不會立即的被發現。如果同時發生了上顎

骨骨折和下頷骨聯合處的骨折，只單用wire固定下顎骨是不適當的，因為上顎的不正確的位置會造成持續性的咬合不正，如果無法恢復解剖咬合排列，wire的復位方式還是可以使用。

Fig 4-3a-c A small stab incision is made in the skin on the ventral midline just caudal to the level of the canine teeth.

- a A large gauge needle (of sufficiently large internal diameter to accommodate the orthopedic wire) is passed dorsally from this incision to a point caudal and lateral to the canine tooth, penetrating the gingiva. The orthopedic wire is passed into the tip (bevel) of the needle which is then withdrawn as a unit, thus placing one end of the wire through the ventral incision.
- b This procedure is repeated on the opposite side, encircling the mandible caudal to the canine teeth and exiting ventrally.
- c Both halves of the mandible are realigned and the wire tightened (twist knot). The twisted wire ends are left long such that they extend beyond the skin surface (ensuring that the skin will not heal over the wire) to allow for ease of later removal. The tips of the wire twist are covered with a plastic cap to prevent laceration from the sharp edges. Wire removal may be simply performed by cutting the wire in the mouth (between the canine teeth) and pulling ventrally at the wire twist; the skin wound is left to heal open.



Wire application for transverse or short oblique fracture of the mandibular body

基於tension bend principle，Intraosseous wire是一個簡單的技術可以運用在下頷骨短斜面的骨折。使用wire的技術必須熟知下頷骨的解剖位置，並且必須放置於張力壓力處旁。小尺寸的wire有較高的運用程度，因為可以在輕易的避開主要的神經血管和齒根。單一Intraosseous wire雖然可以有效抵銷bending force，但是並無

法完全中和剪力或是旋轉力。因此使用第二或是多根wire會有效的抵銷這些力。當骨頭因創傷造成缺損或是牙齒的喪失，用wire的固定方式便顯得不足夠。Orthopedic wire要通過在骨頭斷面旁的drill holes後固定並且提供適當的張力，使用大直徑的wire可提供較佳的固定張力但是較難復位和調整鬆緊度。較小尺寸如1.25mm的wire就常使用，將wire旋緊前必須確定骨頭斷片皆能回復對位。因此，wire必須盡量垂直骨折線(Fig 4-4)。

Drill hole的位置使相當重要，因為會影響到wire是否可以輕易的旋緊，並且維持復位的穩定度。最理想的drill hole的位置在距離骨折線約5-10mm，但是必須要避開附近的齒根。Drill hole時可以偏離骨折線傾斜，造成一個有斜率的洞，這樣的方式可以促進Orthopedic wire通過並且旋緊(Fig 4-5)。在下顎骨的骨折固定，旋轉的方法將wire旋緊是最容易操作並且控制wire鬆緊的方式。

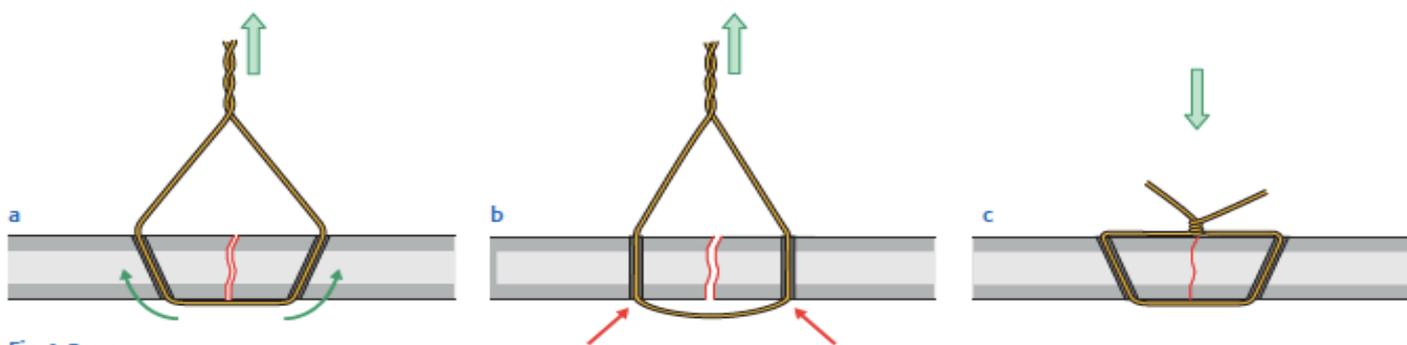


Fig 4-5a-c

- a Angled drill holes (toward the fracture line) result in obtusely angled corners and wire orientation enabling the wire to slide (small green arrows) early in the wire tightening process (large green arrow: tension applied to the twist).
- b If neither drill hole is angled, both areas of acutely angled corners will "lock" (red arrows) resulting in a loose wire since it will not tighten sufficiently on the opposite side of the bone.
- c As the wire is tightened as shown in a, it begins to traverse acutely angled corners on the side of the bone adjacent to the twist and can no longer slide; therefore, the tension on the twist (large arrow) must be diminished. The wire on the opposite bone surface should be tight at this time; this can be further ensured by leveraging a second instrument under the loop before proceeding with final wire tightening (see Fig 4-6).

若藉由有角度的drill hole，wire可以輕易的滑進一個鈍角並且也可以促進wire的旋緊。除此之外，也可以使用periosteal elevator提

起wire，協助所有的wire進入通道中，並且對合旋緊，完全旋緊後，wire必須彎折貼近骨頭，減去多餘的wire但至少留下三個旋轉結。最後彎折的結必須避開齒齦邊緣，避免任何的軟組織傷害。在修復橫斷或是短斜面的下頷骨骨折，簡單間斷的放置wire是理想方式用來對抗bending force。這樣的方式會很接近齒槽邊緣，但是wire的放置要避開齒根，第二根wire的作用是抵抗剪力和旋轉力。



Fig 4-6a-b

- a Wire passed through angled drill holes in the mandibular body as in Fig 4-5a. Notice the presence of a persistent loose segment of wire on the side of the bone opposite the twist.
- b A periosteal elevator is used to lever the wire under the twist so as to provide sufficient tension to tighten the wire opposite the twist (arrows). Further twisting secures a tight wire (see Fig 4-5c).

所有的hole和wire應該要在wire被扭緊前準備好，在下頷骨聯合完整，但雙側下頷骨或是ramus骨折時尤其重要，wire從後頭側開始被綁緊並且逐漸往下頷聯合處，以避免任何一處之前綁緊的wire鬆脫，下頷聯合處的wire是最後一個被綁緊。

Intraosseous wire技術是由wire張力和骨斷片間的摩擦力來提供一個穩定的復位力量，因此，精確的解剖學上復位是相當重要的，除了可以獲得充分的抵抗力也可以提供穩定的癒合。但是wire提供的穩定，僅能使用在相對穩定的骨折：意即此種骨折是可以回復解剖構造。

Plate application for transverse or short oblique fracture of the mandibular body

骨螺絲和骨板的固定提供了一個3-D穩定，藉著中和或是斷片間壓迫，可以穩固所有的骨碎片。和intraosseous wire固定比較，藉由骨螺絲的固定，骨板有較佳的植入物-骨頭間的接觸，因此在骨螺絲和骨間以及相對的骨碎片間有較大的骨碎片間壓迫力產生。在下頷骨骨折，骨板的固定是相當理想的固定方式，因為植入物可以提供壓迫，中和力和穩固結構(compression, neutralization or buttress device)。和DC plates比較reconstruction plates，可以提供較佳3-D彎曲和塑型，因此較建議使用。此種優點讓植入物更可以貼近下頷骨的形狀。因為可以支撐骨折，因此在下頷骨粉碎性骨折是視為理想的植入物。

因為犬貓齒根在解剖學上的限制，standard plate必需要確保避開齒槽骨邊界。在齒槽骨邊緣為了確保bending force適當地被抵銷掉，額外的固定必需被提供於tension bend surface，如interdental wire, interfragmentary wire or miniaturized plate. (Fig 4-8)

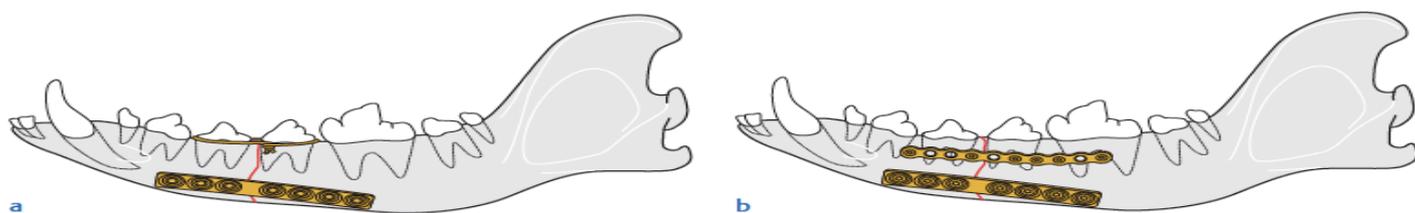


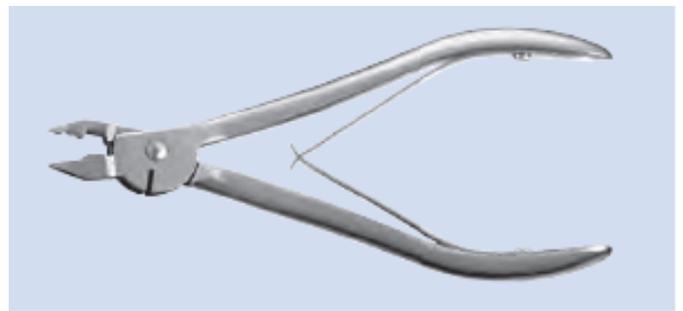
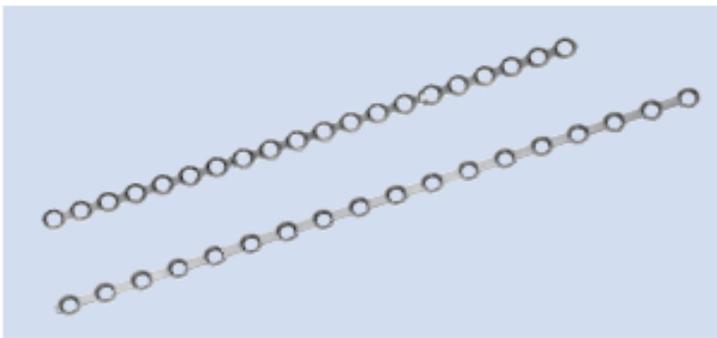
Fig 4-8a-b

- a An interdental wire functions as the tension band fixation, and the DCP 2.7 functions as the stabilization fixation.
- b A miniplate 2.0 functions as the tension band fixation, and the DCP 2.7 functions as the stabilization fixation. If the DCP needs to be placed further caudally, a reconstruction plate could be substituted in order to more accurately follow the contour of the ventral margin of the mandibular body.

Miniplate 因為尺寸小，可以確保沿著下頷骨齒槽邊緣並且骨螺絲可以避開犬和貓的齒根。並且可以輕易沿著骨頭形狀的改變塑型 (Fig 4-9)。使用miniplate 也是依照tension band principle，將plate擺於張力壓力處，以確保在固定後可以保持足夠的張力。因為植入物的小尺寸，允許plate的放置可以相似於intraosseous wire fixation，但和intraosseous wire比較，有較大的implant-bone

contact，在斷骨片中會產生interfragmentary compression。另一個更優於intraosseous wire fixation的優點便是這樣的plate可以當作neutralization 和buttress devices，此外，在粉碎性骨折中，每一個骨斷片皆可以確保被plate橫越。

1mm的screws可以抓取厚度大於1mm的骨頭來進行neutralization plate fixation，但是至少2mm直徑以上的screw，才有compression plate fixation。



這些implants雖然起初是設計給人maxillofacial trauma使用，卻也是相當適合在犬貓mandibular and maxillary 粉碎性骨折使用，並且特殊可以使用在junction of the mandibular body and ramus的caudal mandible骨折。

Plate application for severely comminuted fracture of the mandibular body

在粉碎性骨折中，將所有的斷片重組是不可能的，因為骨折斷片太小太多並且通常會有骨片的損失。Buttress plate fixation在mandibular body粉碎性骨折和牙齒或是齒槽骨的流失是常使用的方式。相似於簡單骨折，主要plate放置的位置應遠離齒槽邊緣。因為粉碎性骨折常有gap，額外的fixation應該要被使用，如miniplate，來增加buttress fixation的穩定度(Fig 4-10)。



另一個增加buttress fixation穩定度的方式是使用locking plate(如UniLock plate 2.4) · 增加全體bone-plate interface的強度 (Fig 4-11) 。主要穩定的固定力跨越粉碎性骨折斷片的為locking plate · 以及tension band miniplate with/without locking head screws(locking miniplate 2.0) 。當有可能延遲癒合時 · locking miniplate應被使用。

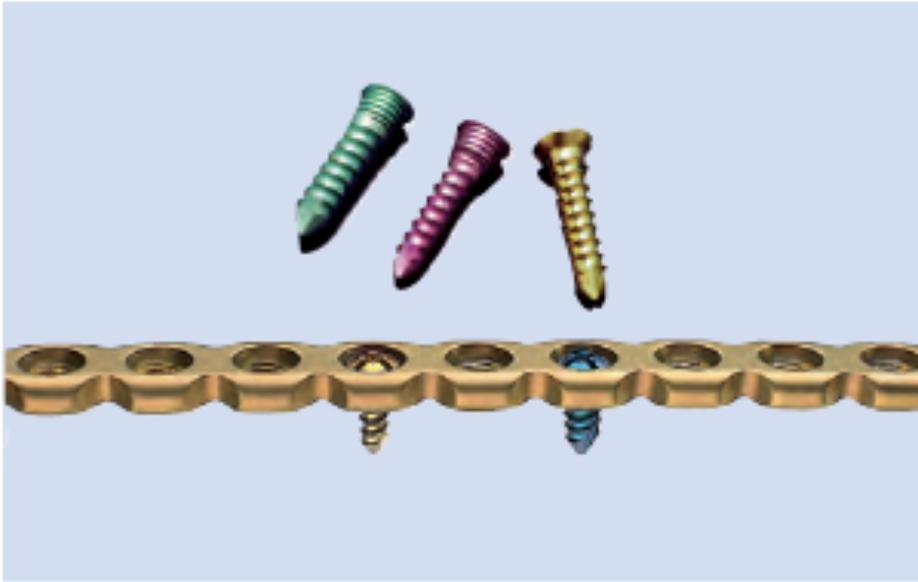


Plate application for transverse fracture of the mandibular ramus

Plate fixation 在mandibular ramus是相當困難的，因為標準植入物尺寸太大，並且screw抓取的cortices有限。此外，mandible的骨頭表面有許多解剖上的不規則，使得這些較大的implant塑型困難。不一致的Plate和骨頭形狀，在screw鎖上後，骨折位置會造成偏差，造成二次性咬合不良。

因為masseteric fossa有較薄的骨頭，固定此處骨折時，應往頭側沿著coronoid crest和腹側的mandibular邊緣(Fig 4-10b)。固定可以延伸至接近TM joint的高度，沿著垂直部的ramus的後緣至mandibular notch的前方。雖然此處固定的位置有限，但是此處的結構有coronoid crest建構的tension band和ventral mandibular margin的穩定性，這個區域使用miniplate是最好的選擇，除了此處骨頭較小之外，如果固定朝向masseteric fossa，小的implants仍然可以抓取適當的骨頭，並且可成功的塑型來對應不規則的骨頭表面。在一些大型犬，標準的reconstruction plate 2.7(或是 UniLock

2.4)如果空間允許，可以被單獨置放在ventral mandibular border。Reconstruction plate也可以3-D塑型去配合ventral margin的形狀。這樣的方式可以確保抵抗剪力、旋轉力和bending force，並且可以維持jaw的biomechanical aspects。若是vertical mandibular ramus的骨折在TM joint之上，此處的骨折並不需要被修復，因為並沒有功能性的負重經過此區域，治療僅以每天餵食軟質食物為主。



External skeletal fixation for mandibular fracture

External skeletal fixation (ESF) 提供一個多樣理想fixation pin的固定位置，並且同時建構了單側或是雙側的外在支持力。為了避免傷害到齒根和神經血管的通道，fixation pin的位置應該要沿著遠離口腔的骨頭表面，但這個位置其實不是好的biomechanically position。External skeletal fixation 通常作為buttress device，並且bilateral full-pin的使用是最有效的(跨越雙側mandibles)。通常在粉碎性骨折、骨頭缺失，以及廣泛的軟組織傷害無法放置internal fixation時使用ESF。ESF優於其他固定的優點為：非創傷性的手術操

作(骨折的穩定操作為closed technique)，適當的清創和骨折的穩定不需要額外的手術切開來放置implants。這樣的方式降低了軟組織的損傷，因此減少了手術後感染的機率。使用ESF和處理軟組織的原則相似於支端骨折使用。

一旦骨斷片被限制運動，便要注意恢復軟組織的健康，治療的目標在於提供一個健康的環境來允許軟組織的癒合。在骨斷片必須先穩定的前提下，完全的軟組織和骨頭謹慎的debridement，是我們要達成的目標。

ESF的操作放置和長骨骨折相似，最頭端和尾端的fixation pin先插入mandible，connecting bar將其固定，其他剩餘的fixation pin依序插入mandible，再夾緊pin。這個方式可以允許單一bar使用，可以將其延伸彎折至對側的mandible。某些fixation pin可以為full-pin(穿過兩邊mandible)使用，相似於使用在長骨的type II ESF。The connecting apparatus應該要盡可能靠近骨折骨，並且配合適當直徑以及充分數量的fixation pin來提供一個堅固的固定。將所有的fixation pins放至於單一connecting bar使用，其優點可增加固定物的強度，然而，因為pin放置的位置有限，所以在操作執行有其困難度。此外，使用此技術，因為相對較大的fixation pin，這些pin被置於遠離口腔的骨頭面上，或是壓迫這些骨頭表面；這些biomechanically position的缺點可以由使用不同尺寸和fixation frame的方向克服(Fig 4-12)。

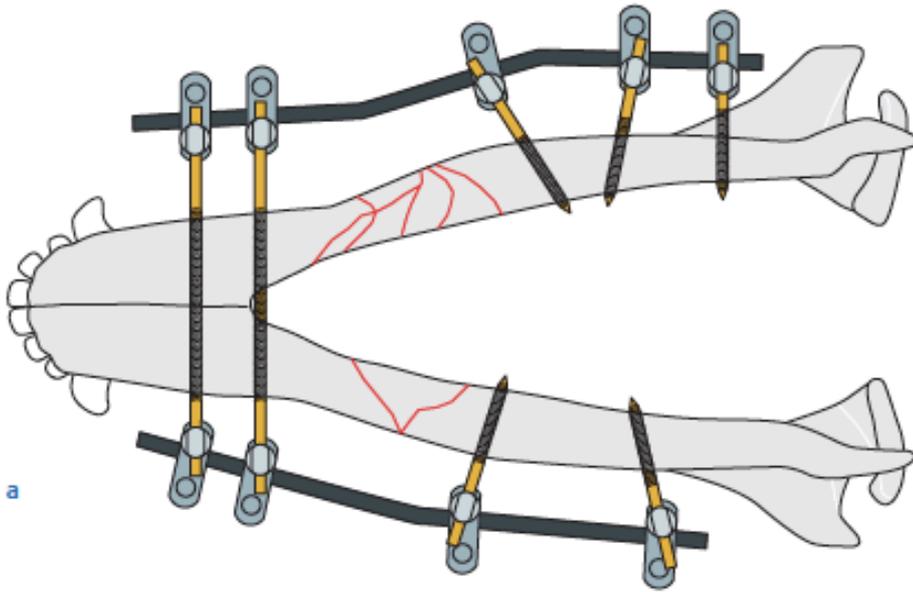
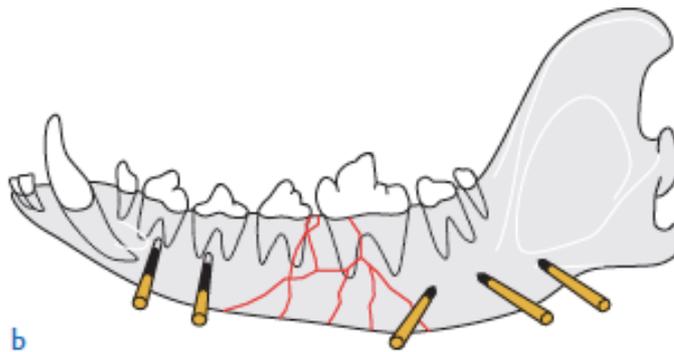


Fig 4-12a-b

a External skeletal fixator (ESF) applied to a bilateral comminuted fracture of the mandible using a single connecting bar on each side (a single bar curving around the rostral extent of the jaw also could be used).



b A minimum of two fixation pins (and preferably three pins) must be placed into each bone fragment. Note that the fixation pins must be placed along the aboral bone surface to avoid impingement on the tooth roots (compare with Fig 4-2). An interdental wire could be added to increase the stability of the fixation as illustrated in Fig 4-8a.

另一個改良的方式，技術上較容易，便是可以使用acrylic connecting bar，使用此種bar便可以先置放所有的fixation pin，而不需要考慮到需要將pin排列在相同平面，此外，可以選用不同尺寸的fixation pin(通常為較小尺寸)和不需在意pin的數量。在fixation pin都放置完成後，將所有的pin用acrylic結合在一起。Commercial

kit可以相當簡單完成操作。

ESF的缺點是在mandible最適當biomechanically position處，可以使用較大fixation pin的數量有限。ESF系統較弱的部份為bone-pin的交界處，但在較薄的mandible，更是加強了這樣的弱點，在mandible後側部更是加劇，在此處適當pin很難獲得適當的抓取。在bone-pin交界處，Pin的鬆脫往往局限了ESF的成功率，在mandible ramus較薄的厚度，ESF在此區有其運用上的難度。

雖然ESF可能成功的單一使用在不同的粉碎性骨折，但是最常使用在骨折的一開始治療。一旦bone-pin interface產生任何鬆脫，其他種類的fixation便必須執行。在grade III open fracture，一旦軟組織的健康被重建，其他形式的fixation便必需介入執行(通常在健康的肉芽組織床在傷口處被建立起後)。

Prognosis and result

如果治療的條件都存在，如：早期堅固的fixation，重建咬合的排列，幾乎可以立即性地回復mandible的功能。在這樣的條件，目標便是：沒有感染的發生和重建正常的外觀。

Conclusion

- 在骨折固定時，正確的回復牙齒咬合功能是相當重要的
- 僅在牙齒骨折或是鬆動無法被穩定時，才可以被移除，在受傷的牙齒可以在之後的時間在進行根管治療。

- 咬合的壓力作用在mandible最主要的力為Bending force，應該要沿著齒槽緣提供tension band fixation和旋轉的穩定。
- 為了避開齒根和mandibular canal，implant應該要放於腹側(遠離口腔)的mandibular margin、coronoid crest較厚的骨頭處，以及caudal mandibular的後腹側。
- Ventral approach提供了一個較好的手術視野，可以較容易的復位斷片和implant的植入。
- 當治療嚴重的粉碎性骨折，氣管插管經由pharyngotomy是較好的選擇，因為在手術復位時，可以有效的評估牙齒的對合。
- Symphyseal fracture可以藉著越過犬齒的wire復位。
- Intraosseous wire必需要有完美的anatomic reduction才有效。
- 在骨頭的biomechanically較佳的齒槽表面，較小尺寸的Intraosseous wire可以使術者避開主要的神經血管管道以及齒根。
- Intraosseous wire應該由drill hole被固定，並且有適當的鬆緊度。
- Intraosseous wire應該要盡可能垂直骨折線。
- 確定intraosseous wires 旋緊的步驟如下：
 1. 使用有角度的drill hole
 2. 使用扭轉的方式將wire旋緊
 3. 在旋緊的過程中將wire提起

4. 當完全扭轉wire後彎折並剪去多餘wire

- Wire要先被放置，之後依序旋緊，從後頭側(caudocephalad)至 symphysis
- Intraosseous wire的技術使用僅在骨折是相對穩定，意即可以回覆 anatomically reconstructed的情況下才有效。
- 因為犬貓解剖學上齒根的限制，standard plate必需要遠離齒槽骨周圍，齒槽緣必需由其他的固定來支持。
- Miniplate可以使用在齒槽緣，screws應避開齒根固定。
- Miniplate優於Intraosseous wire因為：可以製造斷骨片間的壓迫，neutralization or buttress device。
- ESF常使用在不同程度的粉碎性骨折、骨損失、大範圍的軟組織傷害以及無法置放internal fixation device。
- Closed reduction以及ESF減小了軟組織的傷害在grade III open fracture。
- Acrylic pin external fixators 允許同時使用不同尺寸，數量，和放置位置的fixation pin接合acrylic bar，這樣的方式在穩定 mandibular fracture，使用上是相當有彈性的。
- Pin的鬆脫在bone-pin interface通常會侷限ESF的成功，一但有任何pin鬆脫，其他形式的fixation便應該介入。