บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกได้มีการประยุกต์มาจากการรักษากระดูกหักในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ซึ่งการรักษาทางด้านศัลยกรรมในสัตว์ปีก เริ่มแรกมีรายงานในปี 1960 (Amand, 1977) การรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกในขณะนั้นมักทำโดยการยึดดามจากภายนอกกระดูกของสัตว์ โดยเฉพาะเมื่อมีการหักแบบง่าย สำหรับการหักของกระดูกแบบหลายชิ้น ที่มีรายงานการรักษาโดยการผ่าตัด เช่น การใส่เหล็กยึดดามภายในโพรงกระดูก (intramedullary pin) การใส่แผ่นโลหะดามกระดูก (bone plate) หรือการใส่แท่งเหล็กดามกระดูกจากภายนอก (external fixation) มักพบปัญหาต่างๆในการรักษากระดูกหักภายหลังการผ่าตัด เช่น ปัญหาการเกิดถุงน้ำที่กระดูก (bone cyst) ปัญหาความไม่มั่นคงของอุปกรณ์ใส่กระดูก ซึ่งในขณะนั้นยังไม่ทราบว่าเกิดจากสาเหตุใด การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้เพียงแค่เสริมความแข็งแรงของอุปกรณ์ดามกระดูกโดยการดามกระดูกจากภายนอกร่วม (Altman, 1977) ในปี 1976 เริ่มมีการนำซีเมนต์กระดูกมาใช้ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีก ซึ่งจากผลการศึกษาในปี 1978 ในการรักษากระดูกปีกของนกพิราบพบว่า ผลของการรักษาค่อนข้างดี แม้ว่าจะไม่สามารถทำนายได้ว่าอายุการใช้งานของซีเมนต์กระดูกมีระยะเวลาเท่าใด (Borman and Putney, 1978) การใช้แท่งเหล็กดามกระดูกจากภายนอก จากรูปแบบเดิมที่ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากซึ่งรบกวนการเคลื่อนไหวของสัตว์ Marlow และ Seibels ได้คิดค้นนำอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักน้อย เช่น ใช้เข็มฉีดยา และกระบอกฉีดยา มาประยุกต์ใช้ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกโดยการยึดดามจากภายนอก ซึ่งพบว่าได้ผลในการรักษาดี (Marlow and Seibels, 1981) การเริ่มหาอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเบา ไม่รบกวนการเคลื่อนไหวของสัตว์ปีก เป็นหลักการที่สำคัญในการประยุกต์และหาอุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้เกิด ความเหมาะสม ในการรักษากระดูกหักแต่ละชนิดในสัตว์ปีกในเวลาต่อมา

สาเหตุของการเกิดกระดูกหักในสัตว์ปีก

การบาดเจ็บมักเป็นสาเหตุหลักของการเกิดกระดูกหักในสัตว์ปีก (28%) สัตว์มักเกิดการบาดเจ็บได้โดย การถูกยิง ถูกตี ขาติดกับกรง โดนสัตว์อื่นทำร้าย ส่วนสาเหตุอื่นๆเช่น มีความไม่เหมาะสม ของสารอาหาร หรือ ความไม่เหมาะสมของภาวะโภชนาการ มีความผิดปกติของระบบเมตาบอลิสม หรือ อาจเกิดกระดูกหักเนื่องจากการติดเชื้อ (Blass, 1987)

อุบัติการการเกิดกระดูกหักในสัตว์ปีก

ลักษณะทางกายวิภาคของสัตว์ปีก จะป้องกันการหักของกระดูกที่มีโพรงอากาศอยู่ด้านในโดยจะพบว่า กระดูกท่อนบนสุด เช่น กระดูกฮิวเมอรัส (humerus) หรือ กระดูกฟีเมอร (femur) ที่ติด

กับลำตัวจะแนบกับลำตัวมากกว่าในสัตว์อื่นๆ และมีมวลของกล้ามเนื้อมาก อย่างไรก็ตาม กระดูกที่มีโพรงอากาศอยู่ภายในและกระดูกที่มีกล้ามเนื้อปกคลุมน้อย เช่น กระดูก tibiotarsus คือกระดูกที่เสี่ยงกับการหักมากกว่ากระดูกท่อนอื่นๆ เนื่องจากกระดูกที่มีโพรงอากาศอยู่ภายในนั้น เปราะและมีผิวกระดูกที่บางกว่ากระดูกรยางค์ปกติ ส่วนกระดูกที่มีกล้ามเนื้อปกคลุมน้อยนั้นเมื่อได้รับแรงกระแทกจากภายนอก จะมีการรองรับแรงของเนื้อเยื่อโดยรอบต่ำ ทำให้แรงนั้นกระทบกับกระดูกโดยตรงการหักของกระดูก tibiotarsus พบได้บ่อยในนกพิราบ และนกตระกูล psittacine (Redrobe, 2002; Harcourt-Brown, 2005) ในขณะที่กระดูกท่อนอื่นๆ ยังไม่มีรายงานอุบัติการการเกิดกระดูกหักในแต่ละท่อนออกมาชัดเจน

อาการ

สัตว์ปีกที่กระดูกหัก มักไม่สามารถใช้อวัยวะส่วนที่หักได้ กรณีที่ปีกหัก สัตว์จะมีปีกตกหรือปีกห้อย กรณีที่ขาหัก สัตว์จะไม่ใช้ขาและยกขา เนื่องจากผิวหนังของสัตว์ปีกบาง จึงมักพบกระดูกที่หักเปิดออกมานอกผิวหนัง ซึ่งมักจะเกิดเนื้อตายได้ง่าย ถ้าการหักของกระดูกนั้นเป็นแบบปิดและ มีการเคลื่อนไม่มาก สัตว์อาจแสดงอาการกะเผลก หรือ เจ็บ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการตรวจวินิจฉัยอื่นๆร่วม เพื่อยืนยันการหักของกระดูกดังกล่าว

การตรวจวินิจฉัย

การซักประวัติที่ครบถ้วน การสังเกตุอาการ และการตรวจร่างกายทั่วไป จะสามารถตรวจกระดูกที่หักได้ ในการตรวจร่างกายของสัตว์ปีกต้องอาศัยความระมัดระวังมากกว่าสัตว์อื่น เนื่องจากสัตว์มีขนาดเล็ก อัตราการเมตาบอลิสมสูง เกิดความเครียดจากการจับบังคับได้ง่าย โดยทั่วไปมักตรวจสัตว์โดยการดูจากภายนอก จากนั้นจึงตรวจร่างกายทั่วๆไป และคลำตรวจตัวสัตว์เป็นลำดับสุดท้าย สำหรับกรณีที่มีปีกหัก อาจจะพบว่าสัตว์นั้นไม่มีปีกตก หรือปีกห้อย แต่พบว่าปีกอยู่ในลักษณะปกติได้ การคลำตรวจที่แรงเกินไปอาจเพิ่มการบาดเจ็บกับสัตว์ การจับบังคับสัตว์ต้องใช้ความนุ่มนวล ควรให้สัตว์นั้นอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่อบอุ่น มืด ในขณะที่สัตว์นั้นรอการตรวจ หรือรอการผ่าตัด อาจต้องตรวจเลือด หรือเพาะเชื้อในกรณีที่จำเป็น (Splink, 1987) สำหรับการตรวจทางรังสีวิทยามักใช้เพื่อยืนยันว่ามีการหักของกระดูก เพื่อให้ทราบว่ามีการหักของกระดูกแบบไม่แสดงอาการหรือไม่ และเพื่อให้ทราบชนิดของการหัก ตำแหน่งที่หัก เพื่อวางแผนในการรักษาต่อไป บางกรณีที่สัตว์ตื่นกลัว อาจจำเป็นต้องให้ยาซึมหรือยาสลบกับสัตว์ เพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บที่อาจเกิดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการตรวจร่างกายทั่วไป และการจับบังคับเพื่อถ่ายภาพทางรังสีวิทยา (Coles, 1985; Galvin, 1980)

การตรวจทางรังสีวิทยา

การตรวจทางรังสีวิทยามีประโยชน์มากในการตรวจวินิจฉัยการหักของกระดูก ทั้งในกรณีที่สัตว์แสดงอาการทางคลินิก และกรณีที่สัตว์ไม่แสดงอาการ การถ่ายภาพทางรังสีวิทยาในสัตว์ปีกขนาดเล็กทำได้ยากกว่าสัตว์ปีกขนาดใหญ่ โดยเฉพาะการจัดท่าและการจับบังคับ เนื่องจากสัตว์ปีกขนาดเล็กนั้นหายใจเร็ว เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพจึงควรกำหนดให้สั้นที่สุด เพื่อป้องกันภาพไหวเมื่อสัตว์ หายใจเข้า ออก โดยปกติ จะตั้งค่า exposure time ที่ 0.015-0.05 วินาที 200-300 mA และค่า kV ต่ำๆ เช่น 45-55 kV เพื่อให้เห็นความแตกต่างของอวัยวะได้ชัดเจน ปกติกระดูกของสัตว์ปีกจะบางกว่ากระดูก ของสัตว์อื่นและมีการพอกของกระดูกภายในน้อยกว่า ภาพรังสีวิทยากระดูกที่หักจะถ่าย 2 ท่า คือท่า anterior posterior และท่า lateral อาจจำเป็นที่จะต้องถ่ายท่าเฉียง (oblique) เพิ่มเพื่อการวินิจฉัย ที่ถูกต้อง (Dolphin and Olsen, 1979)

การรักษา

หลักการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีก

หลักการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกนั้นคล้ายคลึงกับในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม แต่คุณสมบัติของกระดูกสัตว์ปีกแตกต่างจากกระดูกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอย่างมาก กระดูกของสัตว์ปีกบางและเปราะ โครงสร้างภายในประกอบด้วยไฮดรอกซีแอปปาไตท์ (hydroxyapatite) และร่างแหของคอลลาเจน (collagen) ที่ไม่แข็งแรงและสานกันไม่หนาแน่น ทำให้มีลักษณะเหมือนเปลือกไข่ถึงแม้จะแข็ง แต่ก็แตกได้ง่าย ทำให้การรักษากระดูกทำได้ลำบาก (Coles, 1985; Stocker, 2005; Redig, 2000) เป้าหมายหลักของการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกคือ การพยายามจัดเรียงโครงสร้างทางกายวิภาค(anatomical alignment) ให้ใกล้เคียงกับกระดูกปกติให้มากที่สุด ทั้งในด้าน ความยาว ตำแหน่ง การบิดหมุน มุม ของกระดูก โดยเฉพาะในนกที่ปล่อยบินอิสระ การบิดหมุนของกระดูกแม้เพียงเล็กน้อยก็จะส่งผลต่อการบินได้ (Blass, 1987) ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกจะต้องกำจัดแรง (neutralized) ที่กระทำต่อกระดูกที่หักให้ได้มากที่สุด โดยแรงดังกล่าวคือ แรงงอ (bending force) แรงหมุน (rotational force) แรงเฉือน (shearing force) และแรงกด (compressive force) การรักษาจะมีความลำบากมากขึ้นเมื่อการแตกของกระดูกมีหลายชิ้น เนื่องจากต้องกำจัดแรงต่างๆที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด เพื่อให้การหายของกระดูกเกิดได้เร็วและดี (Redig, 2000) แม้ว่าการบินหรือเดินในนกเลี้ยงภายหลังการรักษาใหม่ๆ อาจไม่มีความจำเป็นต่อสัตว์ในการดำรงชีวิต แต่ในนกปล่อยหรือนกป่า การบินหรือเดินมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการหาอาหาร การรักษากระดูกหักในสัตว์เหล่านี้ จึงต้องให้มีการใช้งานของส่วนที่หักให้ได้เร็วที่สุด (Blass, 1987) นอกจากนี้ ไม่ควรดึงรั้งเนื้อเยื่ออ่อนหรือรบกวนหลอดเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณรอบๆ กระดูก เนื่องจากจะทำให้กระดูกหายช้า กรณีที่มีการหักของกระดูกแบบหลายชิ้น

และมีการแยกของกระดูกออกมาจากเนื้อเยื่ออ่อน ถ้ากระดูกที่แยกออกมาไม่มีการติดเชื้อ หรือเป็นเนื้อตาย สามารถที่จะใส่กระดูกนั้นกลับเข้าไปได้ เพื่อให้ลักษณะทางกายวิภาคใกล้เคียงกับกระดูกปกติ เป็นโครงร่างที่ช่วยพยุงบริเวณที่หัก และช่วยเหนี่ยวนำเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกระดูกและการพอกของกระดูกเข้ามาบริเวณนั้น (Bennett, 1997; Newton, 1977; Samour, 1992; Olmstead et al., 1996) โดยส่วนมากการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกนั้นมักจะแยกตามชนิดของการหัก บริเวณที่เกิดกระดูกหัก และการเกิดปัญหาแทรกซ้อน อย่างไรก็ตามความสำเร็จของการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกนั้น 50% ขึ้นกับอุปกรณ์และวิธีการรักษา ส่วนที่เหลือขึ้นกับตัวสัตว์เอง (Redig, 2000) กระดูกรยางค์แต่ละท่อนของสัตว์ปีก มักพบการหักเกิดขึ้นได้บ่อยในส่วนที่มีกล้ามเนื้อปกคลุมน้อย เช่น กระดูกเรเดียส (radius) กระดูกอัลนา (ulna) กระดูก tibiotarsus และกระดูกที่มีโพงอากาศอยู่ด้านใน เช่น กระดูก humerus กระดูก femur สำหรับอุบัติการการเกิดกระดูกหักในแต่ละท่อนนั้นยังไม่มีรายงาน ที่แน่ชัด (Bennett, 1997)

ระยะเวลาการหายของกระดูก

ระยะเวลาการต่อติดของกระดูกมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องค่อนข้างจำกัด โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อระยะเวลาการต่อติดของกระดูกหลายปัจจัย ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ ความรุนแรงของการเคลื่อนของกระดูก (degree of displacement) การเคลื่อนไหวของบริเวณที่หัก (motion at the fracture site) การติดเชื้อ (present infection) และความเสียหายของหลอดเลือด (damage of blood supply) ซึ่งทำให้อัตราการต่อติดของกระดูกแตกต่างกัน เชื่อว่าการต่อติดของกระดูกในสัตว์ปีกเกิดเร็วกว่าการต่อติดของกระดูกในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม แม้ว่ากลไกในการต่อติดของกระดูกจะเหมือนกัน คือ มีการสร้างเส้นใยไฟเบอร์ และกระดูกอ่อนมาพอก (cartilaginous callus) ซึ่งสร้างมาจากทั้งด้านนอก (periosteal membrane) และด้านใน (endosteal membrane) จากนั้นจึงสร้างไฟโบบลาส (fibroblast) รวมทั้งคอลลาเจน (collagen) ตามมา ซึ่งจะสร้างในอัตราที่เร็วกว่าการสร้างกระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเล็กน้อย ทำให้อัตราการต่อติดของกระดูกในสัตว์ปีกเกิดขึ้นเร็วกว่า (Stocker, 2005)

การต่อติดของกระดูกนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การต่อติดแบบปฐมภูมิ (primary bone healing) ซึ่งการต่อติดแบบนี้เกิดจากการรักษากระดูกหักโดยใช้แผ่นเหล็กดามกระดูก (bone plate) ยึดกระดูกเอาไว้ ทำให้ปลายของกระดูกที่หักทั้งสองปลายมาชิดกัน ไม่มีการเคลื่อนของปลายกระดูกที่หัก การต่อติดแบบนี้ มีการสร้างกระดูกมาพอก (callus) ในปริมาณน้อย การต่อติดแบบทุติยภูมิ หรือการต่อติดแบบมีการพอกของกระดูก (secondary bone healing or callus healing) เกิดจากการที่กระดูกนั้นมีระยะห่างระหว่างกระดูกที่หักกว้าง และมีการเคลื่อนเล็กน้อย (micro motion) ในบริเวณที่มีการหัก ทำให้มีการสร้างกระดูกมาพอกในปริมาณมาก

เซลล์ที่เข้ามาบริเวณที่เกิดกระดูกหักนั้นจะเหมือนกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ยกเว้นกระดูกที่มีโพรงอากาศอยู่ภายใน จะพบการเกิดกระดูกพอกภายในโพรงกระดูก (endosteal callus) เป็นส่วนที่สำคัญในการพยุงกระดูกที่หัก ส่วนกระดูกที่มาพอกด้านนอก (periosteal callus) นั้นจะเกิดค่อนข้างน้อยและมีผลต่อการพยุงบริเวณที่เกิดกระดูกหักแบบทุติยภูมิ กระดูกที่หักแบบไม่ซับซ้อน (simple fracture) และไม่มีทางต่อติดต่อกับภายนอก (closed fracture) จะมีความมั่นคงของบริเวณที่หักที่ตรวจพบได้ทางคลินิก (clinical union) ใน 2 - 3 สัปดาห์ ในขณะที่การต่อติดของกระดูกที่เห็นได้จากภาพรังสีวิทยาจะเกิดช้ากว่า สามารถเห็นการต่อติดกันของกระดูกจากการพอกของกระดูกได้ในระยะเวลา 3 - 6 สัปดาห์ (Bennett, 1997) การนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดตามกระดูกออกก่อนจะเห็นการหายจากภาพรังสีวิทยาสามารถทำได้ ถ้าสัตวแพทย์คลำตรวจทางคลินิกแล้วพบว่าบริเวณที่หักนั้นมีความมั่นคงเพียงพอ

ข้อพิจารณาในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีก

การพิจารณารักษากระดูกหักในสัตว์ปีก สิ่งที่จำเป็น คือ พฤติกรรมปกติของสัตว์ปีกที่มีการหักของกระดูกว่าเป็นสัตว์ที่มีการเคลื่อนไหวมากหรือไม่ เป็นนกที่บินอิสระหรือถูกขังในกรง บริเวณที่หักมีการเคลื่อนไหวมากหรือน้อย ชนิดของการบาดเจ็บ กระดูกที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระดูกที่หักและลักษณะทางกายวิภาคเดิมของสัตว์ปีกนั้นๆ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงบริเวณที่หักนั้นมีขนปีกที่ใช้ในการบิน (flight feather) เกี่ยวข้องอยู่ด้วยหรือไม่ เนื่องจากขนทุติยภูมิของปีก (secondary feather) ที่เกี่ยวข้องกับการบินนั้นจะติดกับส่วนของเยื่อหุ้มกระดูก (periosteum) ของกระดูก ulna และขนปฐมภูมิของปีก (primary feather) นั้นติดกับส่วนของกระดูก metacarpus ที่ตำแหน่งนี้จึงไม่ควรที่จะใช้ที่แซะกระดูก (periosteal elevator) ในการแซะ เนื่องจากจะไปทำลายส่วนของรูขุมขน และทำให้ขนนั้นไม่งอกออกมาตามปกติซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อการกลับมาบินได้ของนก นอกจากนี้กระดูกที่หักหลายชิ้นแบบรุนแรง มักพิจารณารักษาโดยการพันตามมากกว่าแต่ถ้าพบการหักของกระดูกแบบเปิด (open fracture) การรักษาต้องทำโดยการผ่าตัดแก้ไขเท่านั้น และควรเพาะเชื้อเพื่อตรวจดูการติดเชื้อ และเพื่อพิจารณาให้ยาปฏิชีวนะรักษาต่อไป

การตัดสินใจจากเจ้าของสัตว์ว่าต้องการให้มีการใช้งานของบริเวณที่หักอย่างสมบูรณ์หรือไม่เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเช่นกัน ซึ่งจะมีวิธีการพิจารณาที่แตกต่างกันออกไป ในกรณีที่มีการหักของกระดูกปีกในสัตว์ปีกที่ปล่อย หรือ นกป่า การรักษาควรให้สัตว์สามารถใช้งานส่วนที่หักได้เร็วที่สุด ในขณะที่ในนกเลี้ยง การบินได้นั้นไม่จำเป็นกับเจ้าของ สิ่งที่สำคัญคือความสวยงาม ดังนั้นจึงไม่ควรพบลักษณะของกระดูกผิดรูปภายหลังจากการต่อติดของกระดูก และควรให้มีลักษณะของปีกที่ดูปกติทั้งในขณะที่หุบและกางปีกแม้ว่าสัตว์จะไม่สามารถบินได้ก็ตาม

ระยะเวลาตั้งแต่กระดูกหักจนถึงระยะเวลานำมาตรวจรักษาก็เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาเช่นกัน กระดูกที่หักมาเป็นระยะเวลานาน ก่อนผ่าตัดรักษา มักทำการรักษาได้ลำบาก เนื่องจากจะมีการยึดติดของเนื้อเยื่อ การสร้างเนื้อเยื่อ granulation การหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้มีการซ้นกันของกระดูก การรักษากระดูกที่หักมานานจึงทำได้ยากกว่าการรักษากระดูกที่หักใหม่ๆ และจำเป็นที่จำต้องใช้อุปกรณ์ในการยึดกระดูกที่มั่นคง

สิ่งที่สำคัญอีกประการในการพิจารณาตัดสินใจของเจ้าของ คือราคาของการรักษากระดูกหัก โดยเฉพาะในนกขนาดเล็ก นกที่ราคาไม่แพง และนกปล่อย อย่างไรก็ตามเจ้าของสัตว์มักไม่เห็นความสำคัญในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกเท่าที่ควร เนื่องจากไม่ทราบว่าการต่อติดของกระดูกผิดรูป และการที่สัตว์ไม่สามารถบินได้ ทำให้สัตว์เครียด และจะส่งผลก่อความทุกข์ทรมานต่อสัตว์ตลอดชีวิต นอกจากนี้การใช้วิธีการรักษาที่มีราคาแพงยังส่งผลให้เจ้าของสัตว์ตัดสินใจไม่ยินยอมรักษาสัตว์ต่อ

การรักษาทางอายุกรรม

การรักษาทางอายุรกรรมจะพิจารณาทำในสัตว์ที่มีการหักของกระดูกแบบไม่เคลื่อนที่ หรือมีการหักแบบมั่นคง (stable fracture) การรักษาทางอายุรกรรม ประกอบด้วย การให้ยาปฏิชีวนะเพื่อรักษาการติดเชื้อเมื่อเกิดการบาดเจ็บ การให้ยาลดอักเสบ ให้สารน้ำในกรณีที่สัตว์ขาดน้ำ รวมถึงการพันดามกระดูกที่หัก ซึ่งเป็นทั้งวิธีการรักษาและเป็นวิธีป้องกันการบาดเจ็บก่อนการผ่าตัดรักษา

แรกเริ่มของการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกนั้น มักทำการรักษาโดยการพันดามส่วนที่หัก ในกรณีที่ปีกหักจะพันส่วนปีกให้ติดกับลำตัวสัตว์ เพื่อให้ลำตัวช่วยดามกระดูกไว้ ให้แนวของกระดูกหักใกล้เคียงกับแนวของกระดูกปีกเดิม วิธีการนี้สามารถใช้ในการรักษาระดูกปีกหักทั้งชนิดมั่นคงและไม่มั่นคง ในขณะที่กรณีกระดูกขาหัก การรักษาโดยการพันดามมักทำไม่ได้ยกเว้น กรณีที่มีการหักแบบมั่นคงเท่านั้น ส่วนมากการพันดามกระดูกในลักษณะนี้ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างปลายกระดูกทั้งสองด้าน และไม่มีความมั่นคงที่ปลายกระดูกที่หัก ในขณะที่เกิดกระบวนการต่อติดของกระดูกจึงเกิดการพอกของกระดูกทั้งสองด้านในปริมาณที่มาก เมื่อมีการต่อติดของกระดูกที่สมบูรณ์ ปริมาณกระดูกที่พอกนั้นจะเป็นผลเสียกับโครงสร้างของกล้ามเนื้อ นอกจากจะเบียดกล้ามเนื้อทำให้การทำหน้าที่ผิดปกติแล้ว ยังส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การทำงานของเส้นประสาท และหลอดเลือด การจัดการของร่างกายเพื่อเรียงให้กระดูกใกล้เคียงกับขนาดปกติ (remodelling) ต้องใช้เวลานาน มักเกิดกระดูกต่อติดผิดรูปจากการรักษาโดยวิธีการดังกล่าว วิธีการรักษาโดยการพันดามกระดูกสามารถทำได้ง่ายและใช้อุปกรณ์ไม่มาก โดยเฉพาะสัตว์ที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถยึดดามกระดูกได้ด้วยวิธีการอื่น การยึดดามกระดูกโดยวิธีการนี้ยังมีการใช้กันในปัจจุบันโดยเฉพาะในกรณีที่มีการหักแบบง่ายและกระดูกไม่เคลื่อน

แต่ในกรณีที่พบการหักแบบหลายชิ้นและไม่สามารถแก้ไขให้แนวของกระดูกกลับเข้าที่เดิม จำเป็นต้องทำการผ่าตัดเพื่อดึงและยึดกระดูกจากภายใน แต่กรณีที่สัตว์ปีกมีขนาดเล็กมาก ๆ โดยเฉพาะสัตว์ปีกที่มีน้ำหนักไม่ถึง 50 กรัม มักไม่มีกระดูกที่มีโพรงอากาศอยู่ภายในซึ่งเป็นวิวัฒนาการตามธรรมชาติ เนื่องจากน้ำหนักที่น้อยมากนั้นไม่ส่งผลต่อการบินของสัตว์ ดังนั้นการพันดามกระดูกจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมมากว่าการรักษาโดยการศัลยกรรม

การพันดามกระดูก (External Immobilization)

การพันดามกระดูกภายนอกทำได้โดยการใช้เทปกาวหรือผ้าพันแผล ในกรณีที่สัตว์นั้นมีขนาดเล็ก หรืออาจจะใช้ ไฟเบอร์กล๊าสในกรณีที่สัตว์มีขนาดใหญ่ เริ่มจากดึงกระดูกกลับเข้าที่โดยการคลำและดึงภายจากนอกจากนั้นพันผ้าพันแผลยึดดามส่วนที่หักเอาไว้ กรณีกระดูกปีกหักจะจัดท่าสัตว์ให้ปีกหุบชิดกับลำตัวเหมือนกับปีกสัตว์ปกติที่หุบปีก จากนั้นพันดามกระดูกปีกเป็นรูปเลขแปด เพื่อยึดส่วนของกระดูกให้แนบติดกับลำตัว และให้ลำตัวช่วยดามปีกที่หัก การพันดามในลักษณะนี้ใช้ได้กับการหักของกระดูกทุกท่อนที่ปีก ทั้งกระดูก humerus กระดูก radius กระดูก ulna กระดูก metacarpus และกระดูกนิ้ว ส่วนการหักของกระดูกขา ต้องจัดขาให้อยู่ในท่าปกติและใช้อุปกรณ์เช่นผ้าพันแผล หรือไฟเบอร์กลาส

การดูแลภายหลังการรักษา ควรให้สัตว์ได้พักอยู่ในห้องที่มืด เงียบ โดยไม่มีการรบกวนจากมนุษย์ จากนั้นตรวจสอบสัตว์เป็นระยะ เพื่อดูว่าสัตว์นั้นสามารถทนต่อการใส่ที่ยึดดามกระดูกได้หรือไม่ ตรวจสอบแนวกระดูกและการเรียงตัวของกระดูก ในขณะที่มีที่ดามกระดูกอยู่ โดยส่วนมากจะตรวจสอบแนวของกระดูกและการพอกของกระดูกทุกๆ 2-3 สัปดาห์ จนมีการต่อติดของกระดูกเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ภายหลังมีการต่อติดเกิดขึ้นแล้วสามารถนำที่ดามกระดูกออกได้ และเริ่มทำกายภาพบำบัดทีละน้อย เพื่อลดอัตราการเกิดกล้ามเนื้อลีบ และเส้นเอ็นฝ่อ

สำหรับข้อควรระวังและข้อห้ามใช้ ได้แก่ ไม่ควรติดเทปกาวเหนียวกับขนโดยตรง ควรหลีกเลี่ยงการพันผ้าพันแผลที่แน่นเกินไป เนื่องจากจะทำให้เลือดไม่ไหลเวียนและปีกบวม ถ้าเป็นรุนแรงจะเน่า เป็นเนื้อตายและติดเชื้อได้ ถ้ากระดูกปีกหักเพียงข้างเดียว ไม่ควรพันปีกอีกข้าง เพื่อให้สัตว์สามารถรักษาสมดุลย์ในการทรงตัวได้ ไม่ควรใช้วิธีนี้ในการรักษากระดูกหักแบบเปิด เนื่องจากมีการติดเชื้อบริเวณกระดูก การพันผ้าพันแผลทับ นอกจากจะไม่สามารถคุมการติดเชื้อได้แล้ว ยังทำให้กระดูกที่ติดเชื้อไม่ได้รับการรักษา จนเป็นตัวนำเชื้อโรคเข้าสู่กระแสเลือด ไม่ควรทำในกรณีที่กระดูกหักแบบไม่มั่นคง หรือมีการหักหลายชิ้นโดยเฉพาะถ้าสัตว์จำเป็นต้องบินเพื่อหาอาหารและดำรงชีวิต กล้ามเนื้อบริเวณปีกที่แข็งแรงจะดึงปลายกระดูกที่หักให้แยกออกจากกันจนไม่มีการต่อติดของกระดูกเกิดขึ้นหรือมีการต่อติดของกระดูกผิดรูป และส่งผลต่อการดำรงชีวิต

การรักษาทางศัลยกรรม

จุดประสงค์ ของการรักษากระดูกหักโดยการผ่าตัดเพื่อ ยึดส่วนที่หักกลับเข้าที่ ทำให้สัตว์สามารถรับน้ำหนักในส่วนที่หักได้ มีความมั่นคงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการหายของกระดูกได้ และหายได้เร็วที่สุด เมื่อกระดูกหาย สามารถใช้งานส่วนที่หักได้เหมือนปกติ ไม่รบกวนการทำงานของข้อต่อ (Bush, 1983) สำหรับการรักษาทางศัลยกรรมนั้นในสัตว์ปีก จะต้องระมัดระวังตั้งแต่การเตรียมตัวสัตว์ก่อนการผ่าตัด การวางยาสลบ การผ่าตัด และการดูแลหลังการผ่าตัด

การผ่าตัดเพื่อรักษากระดูกหัก

การใช้แท่งเหล็กยึดกระดูกจากภายนอก (External fixation, Modified Kirschner Splints)

การใช้แท่งเหล็กยึดดามกระดูกจากภายนอก (external fixator) ประยุกต์มาจากการใช้รักษากระดูกหักในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ซึ่งชุดอุปกรณ์สำหรับใช้ยึดกระดูกภายนอกมีหลายชนิด ชนิดที่เป็นที่รู้จักและใช้มากที่สุดคือ Kirschner-Ehmer splint ซึ่งประกอบด้วย แท่งเหล็กยึดกระดูก ตัวยึด (clamp) ยึดแท่งเหล็กติดกับ connecting bar (Borman, 1978; Samour, 1992) สำหรับการใช้ในสัตว์ปีก สามารถประยุกต์ใช้กับกระดูกได้แทบทุกชิ้น โดยไม่รบกวนการทำงานของข้อต่อ ไม่ทำให้เกิดเนื้อเยื่อพังผืดรอบๆข้อต่อ (periarticular fibrosis) สัตว์กลับมาใช้กระดูกที่หักได้เร็ว นอกจากนี้ยังสามารถใช้ยึดกระดูกที่มีแนวโน้มหายช้า ในระยะเวลาที่นาน ข้อดีของการใช้แท่งเหล็กยึดกระดูกจากภายนอก คือ แผลผ่าตัดน้อย ไม่ต้องผ่าตัดเป็นบริเวณกว้างเพื่อจัดกระดูกกลับเข้าที่ สามารถต้านแรงที่เกิดเนื่องจากการหักได้ทุกแรง และมีประโยชน์มากในกรณีที่การหักของกระดูกเป็นแบบเปิด มีการติดเชื้อหรือ มีการเสียหายของเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งสามารถที่จะรักษาการหักของกระดูก และรักษาการติดเชื้อของเนื้อเยื่อไปพร้อมๆกับการหายของกระดูกได้โดยไม่รบกวนอุปกรณ์ที่ใช้ยึดกระดูก สามารถถอดอุปกรณ์ออกโดยที่ไม่ต้องวางยาสลบสัตว์ (Bush, 1977) จากรายงานของ Maccoy พบว่าในการรักษาทางคลินิกในสัตว์ปีก 100 ตัว ไม่พบปัญหาในการใช้ แต่พบปัญหาของแท่งเหล็กหลุดออกในสัตว์ปีก 4 ตัว 3-5 สัปดาห์ ภายหลังจากการรักษา ในปี 1981 Satterfield และ O'Rourke ได้คิดค้นการนำวิธี Modified Through and Through Kirschner-Ehmer Splint มาใช้ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกซึ่งเป็นการประยุกต์การดามกระดูกโดยใช้แท่งเหล็กจากภายนอกชนิด 2 (type II external fixator) โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมแท่งแหล็กด้านนอกนั้นทำมาจากเฝือกอ่อนที่อ่อนตัวเมื่ออุณหภูมิสูง (Hexcelite®) ซึ่งพบว่าสามารถใช้ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกได้ดี และมีความแข็งแรงพอเพียงไม่พบการหลุดของอุปกรณ์ก่อนกำหนด นอกจากนี้ผู้รายงานยังแนะนำถึงการใช้วิธีนี้ร่วมกับการใส่แท่ง polypropylene เพื่อให้สามารถจัดแนวกระดูกได้ (Willer R.L. et al., 1991) ข้อด้อยของวิธีการนี้คือ การยื่นของอุปกรณ์ออกมานอกตัวสัตว์ ทำให้สัตว์เกะกะรำคาญและอาจครูดกับตัวสัตว์ทำให้เกิดบาดแผล หรืออาจเกิดการเกี่ยวของอุปกรณ์กับสิ่งต่างๆ

และดึงให้อุปกรณ์ถอนออกมา (Satterfield and O'Rourke, 1981) หลังจากปี 1981 ได้มีการใช้แท่งเหล็กยึดตามกระดูกจากภายนอกในอีกหลายรายงาน ซึ่งมักพบข้อเสียหลักๆอีกหลายประการคือ การแตกของกระดูกภายหลังจากการใส่อุปกรณ์ซึ่งพบทั้ง กระดูกแตกจากรอยหักเดิม หรือเกิดจากการใส่แท่งเหล็กเพิ่ม การติดเชื้อ ความไม่มั่นคงของอุปกรณ์ การพอกของกระดูกที่มากเกินไปทำให้มีการเคลื่อนไหวผิดปกติ การจัดแนวกระดูกไม่ดี มีการต่อติดของกระดูกผิดรูป การต่อติดของกระดูกช้าลง เนื่องจากรบกวนการสร้าง callus ภายในและความไม่มั่นคงของกระดูกบริเวณที่หักอุปกรณ์มีน้ำหนักมาก กระดูกที่บางไม่สามารถยึดอุปกรณ์ไว้ได้ ทำให้จำเป็นต้องนำออกก่อนกำหนด อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดกระดูกหักแบบเปิดหรือกระดูกหักแบบละเอียด วิธีการนี้ยังคงเป็นวิธีการหลักในการรักษา (Bush, 1983; Bush, 1977)

แผ่นเหล็กดามกระดูก (Bone plate)

การรักษากระดูกหักโดยวิธีการใส่แผ่นเหล็กดามกระดูก เป็นที่นิยมมากในการรักษากระดูกหักที่เกิดขึ้นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เนื่องจากเป็นวิธีการยึดกระดูกหักได้เกือบทุกชนิด มีการยึดกระดูกที่มั่นคง และทำให้เกิดการหายของกระดูกแบบปฐมภูมิ การเกิดกระดูกพอกน้อย ไม่รบกวนการทำงานของข้อต่อ สามารถกลับมาใช้งานของขาและปีกได้เร็ว แม้ว่าการใช้แผ่นเหล็กดามกระดูก ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมจะเป็นที่นิยม แต่การรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกโดยการใช้แผ่นเหล็กดามกระดูก ทำได้ลำบาก เนื่องจากกระดูกในสัตว์ปีกเปราะ และบาง ผิวของกระดูกจึงไม่สามารถยึดสกรูเอาไว้ได้ ทำให้สกรูหลวม หลุด ตัวแผ่นเหล็กที่มีใช้มีขนาดค่อนข้างใหญ่จึงสามารถใช้ได้กับนกที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น ไม่สามารถใช้ในการรักษากระดูกหักแบบเปิดได้ อุปกรณ์หายากและมีราคาแพง ต้องอาศัยศัลยสัตวแพทย์ที่มีความชำนาญ ต้องเปิดแผลผ่าตัดและดึงรั้งเนื้อเยื่ออ่อนเป็นบริเวณกว้าง ใช้ระยะเวลาในการผ่าตัดนานทำให้สัตว์ต้องได้รับยาสลบนาน (Howard, 1990) มีรายงานการใช้แผ่นเหล็กยึดกระดูกร่วมกับ polymethylmethacrylate (PMMA) เพื่อรักษากระดูกหักโดยการใส่ polymethylmethacrylate เข้าไปในโพรงกระดูกเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรง ต่อการต้านแรงงอ และแรงหมุน ซึ่งผู้วิจัยรายงานถึงผลของการศึกษา ซึ่งมีการหายของกระดูกได้ดีและสมบูรณ์ (Kuzma, 1991; Howard, 1990)

สำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม การใส่แผ่นเหล็กยึดกระดูกเอาไว้ตลอดชีวิตของสัตว์นั้นเป็นสิ่งปกติ ถ้าตัวแผ่นเหล็กยึดกระดูกไม่มีปัญหารบกวนการเคลื่อนไหว หรือการดำรงชีวิตของสัตว์ ขณะที่ในสัตว์ปีกตัวแผ่นเหล็กยึดกระดูกมีน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับตัวสัตว์ และมักส่งผลขัดขวางการบิน หรือ การเดิน และยังเป็นสิ่งกระตุ้นให้สัตว์ไวต่อความเครียดและความเย็น ภายหลังจากใส่แผ่นเหล็กยึดกระดูก เมื่อกระดูกมีการต่อติดกันจึงจำเป็นต้องผ่าตัดเพื่อนำอุปกรณ์ออกเสมอ ซึ่งทำให้สัตว์ มีความเสี่ยงต่อการวางยาสลบซ้ำ (Bennett, 1997)

ลวดยึดกระดูก (Orthopedic wire)

การใช้ลวดยึดกระดูกไม่สามารถใช้รักษาการหักของกระดูกโดยไม่ใช้อุปกรณ์อื่นๆช่วยได้ เนื่องจากไม่มีความมั่นคงเพียงพอ จึงต้องใช้วิธีการนี้ควบคู่กันกับวิธีการอื่นๆ นอกจากนี้ การใช้ลวดยึดกระดูกไม่สามารถใช้ต้านแรงงอได้ การใช้ลวดยึดกระดูกมักใช้รักษากระดูกที่หักแบบเฉียง โดยส่วนที่เฉียงนั้นจะต้องมีความกว้างมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของกระดูก อย่างน้อย 2 เท่า หรือใช้ยึดกระดูกที่แตกรูปผีเสื้อ (butterfly fragment) กลับเข้าที่เดิม ถ้ามีการแตกของกระดูกเป็นรู (fissure fracture) อาจใช้ลวดเส้นเดียวในการยึดกระดูกกลับเข้าที่ได้

การใช้ลวดยึดกระดูกแบบ hemicerclage จะใช้เพื่อต้านแรงหมุนโดยเฉพาะในกรณีที่กระดูกหักแบบเฉียงสั้นๆ (short oblique) หรือแบบขวาง (transverse) สามารถต้านแรงหมุน และแรงเฉือนเพียงทิศทางเดียว ถ้าต้องการให้ต้านแรงหมุนและแรงเฉือนได้ทุกทิศทางต้องการใช้ลวดยึดกระดูกแบบยึดระหว่างชิ้นที่แตกเป็นรูปเลข 8 (interfragmentary figure eight) ลวดที่ใช้ในการยึดกระดูกนั้นมีหลายขนาดให้เลือกใช้ และพัฒนาเป็นวัสดุผูกเย็บที่สามารถละลายได้ (absorbable suture) และควรใช้ในสัตว์ปีกขนาดเล็ก (Howard, 1990)

แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดตามภายในโพรงกระดูก (Stainless steel intramedullary pin)

ข้อได้เปรียบของการใช้แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดตามภายในโพรงกระดูก ได้แก่ ราคาถูก แผลผ่าตัดไม่กว้าง การจัดแนวกระดูกที่หักทำได้ดี สามารถต้านแรงงอได้ดี แต่ข้อเสียก็คือ ความสามารถในการต้านแรงหมุนและแรงเฉือนต่ำ (Putney et al., 1983; Kuzma and Hunter, 1991; Newton and Zeitlin, 1977; Bush, 1977; Bush and James, 1975) ถ้าการยึดกระดูกที่หักไม่มีความมั่นคง จะมีการพอกของกระดูกในปริมาณมากและเหนี่ยวนำให้เกิดโรคของกระดูกหักตามมา การพอกของกระดูกที่มากจะมีผลมากต่อการบินของนกที่ปล่อยอิสระ (Splink, 1987; Bennett, 1997)

เนื้อกระดูกของสัตว์ปีกค่อนข้างบางทำให้มีพื้นที่ในการใส่แท่งเหล็กยึดภายในโพรงกระดูกน้อย และแท่งเหล็กน้ำหนักค่อนข้างมาก ซึ่งส่งผลต่อการบินและการเคลื่อนไหวของขา ข้อต่อและทำให้เกิดพังผืดยึดบริเวณโดยรอบข้อต่อ (periarticular fibrosis) ซึ่งควรทำการผ่าตัดแก้ไขออกโดยเร็วที่สุด หลายๆกรณีจำเป็นที่จะต้องเอาอุปกรณ์ที่ใส่ไว้ออก เนื่องจากตัวแท่งเหล็กที่ยึดภายในโพรงกระดูกเลื่อน การนำเอาแท่งเหล็กออกทำได้สะดวก โดยการให้ยาระงับความรู้สึกเฉพาะที่ แล้วกรีดเปิดบริเวณเล็กๆ ที่ปลายแท่งเหล็กซึ่งมักยื่นออกมาในข้อต่อ เพื่อดึงเอาแท่งเหล็กออก

การใส่แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดตามภายในโพรงกระดูกในสัตว์ปีกต้องทำด้วยความนุ่มนวลเนื่องจากกระดูกบางและเปราะ ถ้าใช้แรงในการใส่มากเกินไปจะทำให้กระดูกแตกและแท่งเหล็กไปทิ่มบริเวณอื่นได้รับความเสียหาย การใช้ปลายแท่งเหล็กแบบหัวแหลม

ง่ายต่อการใส่ตัวแท่งเหล็ก ยึดตามภายในโพรงกระดูกและการถอนออก ในขณะที่การใช้แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดตามภายในโพรงกระดูกแบบหัวเกลียวจะช่วยในเรื่องการป้องกันการยุบของกระดูกที่หักได้

เนื่องจากการต้านแรงหมุนและแรงเฉือนนั้นเป็นข้อด้อยของการรักษากระดูกหักโดยใช้แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดภายในโพรงกระดูก จึงมีการเพิ่มความมั่นคงโดยการใช้ลวดมัดแบบ cerclage, hemicerclage, interfragmentary wire, external skeletal fixation หรือ stack pin โดยเฉพาะกรณีที่มี การหักของกระดูก humerus และ femur มักใช้ stack pin ในการรักษา อย่างไรก็ตามไม่ควรใช้แท่งเหล็กควบคู่กับการพันตามกระดูกภายนอก เนื่องจากจะเป็นการรวมเอาข้อเสียของทั้งสองวิธีไว้ด้วยกันซึ่งทำให้เกิด การยึดของข้อต่อ เกิดพังผืดยึดบริเวณโดยรอบข้อต่อได้ง่าย (Kuzma and Hunter, 1991) แต่ในบางกรณีก็จำเป็นที่จะต้องใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกันในการรักษา ซึ่งต้องนำแท่งเหล็กหรืออุปกรณ์ ที่ใช้ตามกระดูกภายนอกออกภายใน 2 สัปดาห์ หลังจากการรักษา ซึ่งกระดูกที่หักนั้นสามารถที่จะสร้างเนื้อเยื่อพังผืด และกระดูกที่มาพอกได้พอเพียงที่จะสามารถพยุงบริเวณที่หักได้ (Bennett, 1997) เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเหล็กไม่เป็นสนิมควรมีขนาดประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของโพรงกระดูก เพื่อให้สามารถสร้างกระดูกพอกภายในโพรงกระดูก นอกจากนี้ยังทำให้น้ำหนักของแท่งเหล็กไม่เป็นสนิมที่ใช้น้อยลง ลดโอกาสที่จะเกิดความเสียหายของหลอดเลือดภายในกระดูก (nutrient artery) ลดความเสี่ยงของการเกิดการหักของกระดูกที่เกิดจากความผิดพลาดของศัลยสัตวแพทย์ มีความแข็งแรงพอเพียงที่จะต้านแรงงอได้ และทำให้กระดูกนั้นจัดเรียงตัวอยู่ในแนวได้

วิธีการใส่แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดภายในโพรงกระดูกแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ แบบ normograde และแบบ retrograde การใส่แท่งเหล็กทั้งสองแบบนั้นต้องให้ปลายของแท่งเหล็กอย่างน้อย 1 ด้านฝังตัวอยู่ในส่วนของ metaphysis ของกระดูก ซึ่งส่วน metaphysis ของกระดูกของสัตว์ปีกจะบางกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม โอกาสที่จะใส่แท่งเหล็กแล้วเกินส่วน metaphysis ของกระดูกจนทะลุผิวของข้อต่อจึงเกิดได้ง่าย ทั้งในขณะที่ทำศัลยกรรม หรือ ภายหลังจากการทำศัลยกรรม ส่วน ส่วนปลายของแท่งเหล็กอีกด้านนั้นหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะทะลุเข้าไปในข้อต่อ ดังนั้นความเสียหายของข้อต่อ จะเกิดขึ้นได้ทั้งด้านเดียว หรือเกิดทั้งสองด้าน ของกระดูกที่หัก

การใส่แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดตามผิวกระดูกแบบขวาง (cross pin) จะใช้ในกรณีที่มีการหักของกระดูกที่ metaphysis ปลายของแท่งเหล็กไม่เป็นสนิมที่ใช้ยึดกระดูกต้องตัดให้ติดกับผิวของกระดูก หรือใช้ counter sink กรอผิวกระดูกให้ลึกเข้าไปแล้วจึงตัดแท่งเหล็กที่ใช้ยึดกระดูกให้ชิดที่สุด เนื่องจากบริเวณที่ทำการรักษานั้นเป็นบริเวณที่ใกล้กับข้อต่อ จึงอาจมีการรบกวนการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ การใส่อุปกรณ์ยึดตามกระดูกภายนอกเช่นการพันเฝือกตาม

มักนิยมทำภายหลังการศัลยกรรม โดยเชื่อว่าสามารถเพิ่มความมั่นคงให้มากขึ้น ส่วนมากจะใส่เฝือกอ่อนเพื่อกันไม่ให้สัตว์นั้นใช้ขา แต่เฝือกอ่อนที่ใส่นั้นไม่สามารถป้องกันการเคลื่อนไหวของขาได้ (Olsen and Orosz, 2000)

แท่งยึดดามจากภายในกระดูกที่สามารถละลายได้ (Absorbable intramedullary pin)

วัสดุที่ใช้ผลิตเป็นแท่งยึดกระดูกคือ polydioxanone (PDS) ซึ่งได้มีการศึกษาถึงการใช้ PDS rod ในการรักษาการหักของ กระดูก humerus ในสัตว์ปีก โดยคุณสมบัติของ PDS rod นั้นจะสามารถละลายโดยสมบูรณ์ในระยะเวลา 6 เดือน ภายหลังจากที่ใส่อุปกรณ์ดังกล่าวเข้าไป ข้อเสียของ PDS rod คือมีความแข็งแรงไม่เท่าแท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดภายในกระดูก

ในการศึกษาการยึดกระดูก humerus ของนกพิราบและยึดภายในโพรงกระดูกด้วย PDS rod เปรียบเทียบกับการใช้ แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดภายในโพรงกระดูก จะพบว่ากระดูกที่หักและรักษาโดยใช้ PDS rod ในการตรึง มีการพอกของกระดูกมากกว่าการใช้แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดภายในโพรงกระดูก ซึ่งอาจเกิดจากการที่ตัวของ PDS rod มีความแข็งแรงน้อยกว่า ข้อดีของการใช้ PDS rod คือไม่จำเป็นที่จะต้องนำเอาตัว rod ออกเยื่องจากน้ำหนักเบา ไม่รบกวนการทำงานของ ข้อต่อ ส่วนข้อเสียคือ วิธีการใส่นั้นยุ่งยากและต้องอาศัยความชำนาญ (Bennett, 1997)

การใช้แท่ง Polypropylene rods

Polypropylene rods มีจำหน่ายในรูปแบบการค้าโดยผลิตออกมาหลายขนาด (3/32, 1/8, 5/32, 3/16 นิ้ว) ซึ่งเหมาะกับสัตว์ปีกที่น้ำหนักไม่น้อยกว่า 75 กรัม มีคุณสมบัติทางชีวภาพที่เฉื่อย (biological inert) สามารถผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้วิธีเสตอริไลเซชั่น ในเครื่องอบไอน้ำฆ่าเชื้อ (autoclave) มีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดดามภายในโพรงกระดูก มีราคาถูก สามารถตัดให้ได้ขนาดเท่าที่ต้องการได้ และใส่ในโพรงกระดูกโดยใช้ shuttle technique ซึ่งตัวแท่ง polypropylene rods จะไม่สามารถต้านแรงหมุน และแรงเฉือนได้เช่นเดียวกับการใช้แท่งเหล็กไม่เป็นสนิมยึดภายในโพรงกระดูก จึงต้องใช้วิธีการอื่นช่วยในการต้านแรงดังกล่าว วิธีการที่ใช้ ได้แก่ การใช้ อุปกรณ์ยึดดามกระดูกจากภายนอก (external skeletal fixator) หรือการใช้ intramedullary polymethylmethacrylate อุดเข้าไปในโพรงกระดูกเพื่อต้านการหมุน (Bennett, 1997)

การใช้ polypropylene rods รักษากระดูกหักในสัตว์ปีกโดยวิธี shuttle technique นั้นใช้ได้ดีเมื่อมีการหักตรงกลางท่อน กระดูกที่ไม่มีการติดเชื้อหรือมีการแตกของกระดูกออกเป็นหลายๆชิ้น ความยาวของ polypropylene rods ที่ใช้จะยาวเท่ากับความยาวของกระดูกหักชิ้นที่ยาวที่สุด โดย จะตัด polypropylene rods ให้ยาวกว่าชิ้นกระดูกหักที่ยาวที่สุดนั้นเล็กน้อย แล้วจึงใส่วัสดุผูกเย็บผ่านรูที่เจาะที่ปลายด้านหนึ่งของ polypropylene rods (ความยาวของวัสดุผูกเย็บควรต้องยาวกว่าความยาวของ polypropylene rods เพียงพอสำหรับจับดึงได้สะดวก) แล้วจึงใส่ปลายด้านที่มี

วัสดุผูกเย็บร้อยอยู่นั้นเข้าไปในโพรงกระดูกของชิ้นกระดูกหักที่ยาวที่สุด แล้วดันให้ polypropylene rods ไปชิดกับ metaphyseal cancellous bone ของกระดูกชิ้นนั้น ดึงและจัดกระดูกที่หักกลับเข้าที่ ให้ปลายของวัสดุผูกเย็บนั้นออกมาทางช่องว่างระหว่างรอยหักของกระดูก (fracture gap) แล้วดึงปลายทั้ง 2 ของวัสดุผูกเย็บในทิศทางตรงกันข้ามกับตอนแรก เพื่อให้ส่วนของ polypropylene rods ถูกดึงไปยังส่วนของกระดูกที่หักอีกชิ้น ดึงจนกว่าตัว polypropylene rods จะชิดกับ metaphyseal cancellous bone ของกระดูกชิ้นนั้น จากนั้นอาจจะตัด หรือ ดึงวัสดุผูกเย็บออก

เนื่องจาก polypropylene rods มีความแข็งไม่เท่ากับแท่งเหล็กไม่เป็นสนิมที่ใช้ยึดดามภายในโพรงกระดูก การใช้ polypropylene rods ในการยึดกระดูกจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์อย่างอื่นช่วยในการยึดดามกระดูก เพื่อป้องกันการเกิดการเคลื่อนเล็กน้อย (micromotion) ของบริเวณปลายที่หัก ซึ่งจะมีผลทำให้การหายของกระดูกช้าลง (delayed union) (Maccoy, 1996; Bennett, 1997)

การใช้ polypropylene rods มีข้อได้เปรียบ คือ ไม่ทำให้ผิวของข้อต่อเกิดความเสียหาย สัตว์กลับมาใช้ขาได้เร็ว สามารถทำกายภาพบำบัดภายหลังจากการผ่าตัด 7 วัน ส่วนข้อจำกัดของ polypropylene rods คือ มีความแข็งแรงน้อยกว่าแท่งเหล็ก ไม่สามารถใช้รักษากระดูกหักที่เกิดใกล้กับข้อต่อมากๆ หรือมีชิ้นที่หักของกระดูกชิ้นใดชิ้นหนึ่งสั้นมากๆ หรือมีการหักของกระดูกออกเป็นหลายๆชิ้น โดยเฉพาะห้ามใช้ในการรักษาการหักของกระดูกแบบเปิด เนื่องจากไม่สามารถนำ polypropylene rods ออกจากกระดูกได้ภายหลังที่เกิดการต่อติดของกระดูก ถ้ามีการติดเชื้อจากแผลเปิดในบริเวณที่ทำการผ่าตัด อาจเป็นทางให้เชื้อปนเปื้อนกับอุปกรณ์เข้าไปสู่โพรงกระดูกได้ ซึ่งสัตว์จะเกิดการอักเสบและติดเชื้อของกระดูก (osteomyelitis) ตามมา (Maccoy,1996; Bennett,1997)

การใช้แท่งเหล็กที่มีเกลียวทั้งอัน (Threaded steel shuttle pins)

การใช้แท่งเหล็กที่มีเกลียวทั้งอันแทนการใช้ polypropylene rods เนื่องจาก polypropylene rods มีความแข็งแรงน้อยกว่าแท่งเหล็ก ส่วนแท่งเหล็กธรรมดานั้นมีความสามารถในการยึดตึดกับพื้นผิวของกระดูกได้ดีไม่เท่าแท่งเหล็กที่มีเกลียว จึงได้มีการพัฒนาแท่งเหล็กที่มีเกลียวทั้งอันในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกแทน (Bennett,1997)

ซีเมนต์กระดูกเชื่อมภายในกระดูก (Intramedullary polymethylmethacrylate; PMMA)

โพลีเมทิลเมทาคีเลท (PMMA) เป็นซีเมนต์ที่ใช้กับกระดูกที่ผลิตจำหน่ายในรูปของของเหลว 20 มิลลิลิตร กับผงโพลีเมอร์ซึ่งมีแบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) เป็นองค์ประกอบ 40 กรัม ซึ่งแยกจากกันและเตรียมในรูปที่ปราศจากเชื้อ เมื่อผสมแล้วจะเป็นสารทึบแสงสำหรับรังสีวินิจฉัย (radioplaque) ส่วนที่เป็นของเหลวนั้นค่อนข้างไวต่อแสงจึงควรเก็บไว้ในที่มืดหรือที่ทึบแสง เมื่อผสมวัสดุทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกันแล้วปริมาตรจะเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์

การใช้ PMMA อาจจะใช้ในการยึดกระดูกโดยไม่ใช้อุปกรณ์อื่นหรือใช้อุปกรณ์อื่นร่วมด้วยในการรักษาก็ได้ คุณสมบัติของ PMMA นั้นเหมาะสมกับการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีก เนื่องจากตัววัสดุมีน้ำหนักเบา มีความคงตัวเร็ว ไม่รบกวนการทำงานของข้อต่อ ช่วยให้สัตว์สามารถกลับมาใช้กระดูกส่วนที่หักได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีรายงานอัตราการหายของกระดูกโดยการใช้ PMMA เทียบเท่ากับการหายของกระดูกที่รักษาโดยการพันปีก (Kuzma and Hunter, 1989) อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องระวัง ในการใช้ PMMA ในการรักษากระดูกหักคือต้องระวังการติดเชื้อ เนื่องจากการใส่ PMMA เข้าไปในโพรงกระดูกนั้นไม่สามารถที่จะนำตัว PMMA ออกได้ ภายหลังจากการเกิดการหายของกระดูก ดังนั้นถ้ามีการติดเชื้อเกิดขึ้น PMMA จะเป็นส่วนที่สะสมเชื้อเอาไว้และทำให้การติดเชื้อนั้นเกิดอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้จะมีการใช้ยาปฏิชีวนะที่ทนต่อความร้อนผสมกับส่วนผสมของ PMMA ในการยับยั้งการเจริญ ของเชื้อแบคทีเรียแต่ยาก็สามารถที่จะออกฤทธิ์ได้ในระยะเวลา 5 ปีเท่านั้น ดังนั้นถ้ากระดูกที่หักนั้นเป็นแบบเปิด หรือมีการติดเชื้อเกิดขึ้นแล้วก็ไม่ควรที่จะใช้ PMMA ในการรักษา นอกจากนี้ PMMA ยังเปราะและแตกได้ง่าย โดยเฉพาะบริเวณที่มีการหักของกระดูก จึงไม่แนะนำให้ใช้ PMMA รักษากระดูกหักในสัตว์ปีกที่มีน้ำหนักมากกว่า 500 กรัม (Putney et al., 1983; Bennett, 1997) มีรายงานถึงการใช้ PMMA ในการรักษาการหักของกระดูก humerus ในนกพิราบ พบว่ามีการหายของกระดูกอย่างสมบูรณ์โดยที่ตัว PMMA นั้นไม่มีความเป็นพิษเกิดขึ้น (Borman and Putney, 1978) แต่การรักษาการหักของกระดูกโดยการใช้ PMMA เพียงอย่างเดียวนั้นอาจมีข้อเสียหลักคือ บริเวณที่เป็นรอยต่อของกระดูกที่หัก ทั้งสองท่อนนั้นจะเป็นจุดอ่อนซึ่งจะทำให้มีการแตกของ PMMA ได้ ไม่ควรให้มีส่วนใดส่วนหนึ่งของ PMMA อยู่ระหว่างรอยต่อของกระดูกเนื่องจากจะเป็นตัวขัดขวางการต่อติดกันของกระดูกและทำให้บริเวณที่เชื่อมกันเป็นโพรง ซึ่งเป็นจุดอ่อนที่อาจเกิดการแตกของกระดูกขึ้นได้อีก และการเกิดความร้อนในขณะที่ตัว PMMA เกิดกระบวนการ polymerization อาจเป็นสาเหตุของการเกิดการตายของกระดูกตามมา ซึ่งจากการทดลองของ Yamazoe และคณะนั้นไม่พบว่าการเกิดความร้อนจากกระบวนการ polymerization ไปมีผลรุนแรงต่อหลอดเลือดภายในโพรงกระดูก (endosteal blood supply) หรือการหายของกระดูก (Yamazoe et al., 1994)

จากรายงานการวิจัย พบว่ามีการแนะนำให้ใช้ซีเมนต์กระดูกเชื่อมภายในกระดูก (PMMA) ร่วมกับอุปกรณ์ยึดกระดูกอื่นๆ เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการต้านแรงหมุนและแรงงอ ซึ่งข้อจำกัดของการใช้คือ กระดูกหักแต่ละชิ้นนั้นต้องมีความยาวมากกว่า 1-2 เซนติเมตร เพื่อให้มีความมั่นคงพอเพียง และ ต้องใช้เทคนิคอื่นๆในการเพิ่มการยึดเกาะระหว่างส่วนของอุปกรณ์และ ซีเมนต์กระดูก (Samour, 1992; Bennett, 1997)

The Doyle Technique

Doyle Technique ได้พัฒนาขึ้นมาจากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของการเกิดแรงกดที่บริเวณรอยหักของกระดูก ทำให้กระดูกมีการหายได้เร็วขึ้น จึงใช้เทคนิคของการใส่ rush pin ร่วมกับการใช้ external fixation โดยปลายของ pin ที่ยื่นออกมานอกผิวหนังเชื่อมกันโดยใช้ dental impact rubber band เพื่อให้มีแรงกดเพิ่มขึ้นที่บริเวณที่เกิดการหัก และต้านแรงหมุน Doyle system นั้นมีน้ำหนักเบากว่า external fixation เนื่องจาก rush pin มีขนาดเล็ก และใช้ pin จำนวนน้อย แต่ยังไม่มีข้อมูลการศึกษาถึงข้อดีและข้อเสียของการใช้เทคนิคนี้เปรียบเทียบกับเทคนิคอื่นๆ (Bennett, 1997)

เทคนิคการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกโดยใช้ Shuttle pinning

เทคนิคนี้เริ่มใช้ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกตั้งแต่ปี 1985 โดย Coles และในปี 1986 โดย Redig และปี 1991 โดย Tom และ Norbet ซึ่งทั้งหมดใช้วิธีการรักษาที่เหมือนกัน หรือมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย Coles, Tom และ Norbet ใช้ polypropylene ที่ได้จากการประยุกต์นำกระบอกฉีดยาชนิด 1 มิลลิลิตร และ 2 มิลลิลิตร มาใช้แทน polypropylene ที่ผลิตขายในรูปแบบทางการค้า ซึ่ง Coles ใส่ shuttle pin ในโพรงกระดูก humerus และใช้ ลวดมัดเป็น orthopedic wire เพื่อต้านแรงหมุน และทำให้ปลายกระดูกติดกันมากขึ้น ส่งผลให้กระดูกหายเร็วขึ้น ในขณะที่ Tom และ Norbet ใส่ shuttle pin พร้อมกับการใช้ซีเมนต์กระดูก (Coles, 1985) การรักษาโดยการใช้เทคนิคนี้ อาศัยหลักของการใส่แท่งเหล็กเพื่อยึดตามภายในโพรงกระดูก จึงมีข้อดีที่คล้ายกัน ในขณะที่วิธีการนี้ ก็สามารถกำจัดข้อเสียเรื่อง การรบกวนการทำงานของข้อต่อได้ การรักษาโดยใช้วิธีนี้ที่ปีกของสัตว์อาจไม่จำเป็นต้องพันผ้าพันแผลเพื่อตามไว้ แต่สัตว์อาจต้องพักในกรง โดยปีกที่หักเริ่มขยับได้ใน 24-48 ชั่วโมง ภายหลังการทำศัลยกรรม ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดข้อยึดตามมา ส่วนมากการรักษากระดูกหัก โดยการใช้ shuttle pin มักใช้กับกระดูก humerus เนื่องจากเป็นกระดูกที่มีโพรงอากาศ อยู่ภายใน จึงมีขนาดของโพรงกระดูกที่ใหญ่ ไม่เหมาะสมกับการใช้ แท่งเหล็ก ซึ่งจะรบกวนการสร้างกระดูกพอกภายใน รบกวนการทำงานของข้อต่อ และอาจเกิดโรคของกระดูกหัก (fracture disease) ตามมา การรักษาโดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ดังกล่าว เนื่องจากมีน้ำหนักเบาจึงสามารถทิ้งไว้ในกระดูกได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงผลของการรักษากระดูกหักในระยะยาว และยังไม่มีการนำวิธีนี้มารักษาในกระดูก tibiotarsus เนื่องจากเชื่อว่ามีความมั่นคงไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการหายของกระดูกได้

เทคนิคนี้ถ้าใช้แกนกระบอกฉีดยาแทนการใช้ polypropylene ที่ผลิตขายในรูปแบบทางการค้า เชื่อว่าจะไม่รบกวนการหายของกระดูกและการสร้างกระดูกพอกภายใน เนื่องจากรูปร่างของ

แกนกระบอกฉีดยาที่มีร่องอยู่ (cruciform shape) ทำให้มีการสร้างของกระดูกภายในโพรงกระดูกเกิดขึ้นได้ดีกว่าแท่ง polypropylene ที่ผลิตขายในรูปแบบทางการค้าซึ่งเป็นทรงกระบอก

การใช้ shuttle pin ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกนั้นอาจใช้กระดูกที่เป็น biodegradable bone ทดแทนได้ ซึ่งได้ผลดีในการรักษากระดูกหัก แต่ยังมีราคาสูงอยู่

ปัญหาแทรกซ้อนภายหลังการรักษา

การต่อติดของผิดรูป (misalignment) สัตว์ปีกที่มีกระดูกหัก จะเห็นการต่อติดของกระดูกผิดรูปได้ด้วยตาเปล่า ในระดับที่ต่างๆกัน เนื่องจากกล้ามเนื้อของสัตว์ดึงปลายกระดูกที่หักให้แยกออกจากกัน แม้การเคลื่อนที่ เกิดขึ้นเกิดในระดับมหภาค แต่การต่อติดของกระดูกโดยเนื้อเยื่อพังผืดและกระดูกพอกยังคงเกิดขึ้นได้โดยมีการสร้างเนื้อเยื่อพังผืดที่แข็งและมีปริมาณมาก เพื่อรักษาแนวกระดูกหักเอาไว้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดึงกระดูกที่หักกลับเข้าที่ให้สมบูรณ์ใกล้เคียงกับลักษณะทางกายวิภาคเดิมให้มากที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยง การเกิดกระดูกพอกมากเกินซึ่งจะส่งผลเสียต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นจากการถูกกดทับ

การต่อติดของกระดูกโดยมีการยึดติด (entrapment) การสร้างเนื่อเยื่อไฟบรัสรอบๆ บริเวณกระดูกหักเพื่อเป็นโครงร่างของกระดูกที่จะต่อติด อาจไปยึดติดกับเนื่อเยื่ออื่นๆข้างเคียงและส่งผลต่อการทำงานของเนื้อเยื่อโดยรอบ

การบิด หมุน (deviation) ของกระดูกส่งผลต่อการบินและการทรงตัวของสัตว์ปีกเป็นอย่างมาก เนื่องจากการไหลของอากาศผ่านปีก เพื่อยกตัวสัตว์และพยุงในการบินนั้น จำเป็นต้องใช้มุมที่พอเหมาะของปีก เพื่อให้มวลอากาศไหลผ่านปีกอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การหมุนของปีกเพียงเล็กน้อยส่งผลอย่างมากต่อการบินของสัตว์ เช่นเดียวกับการเดิน ซึ่งส่งผลให้สัตว์ลดประสิทธิภาพในการหาอาหาร และความสามารถในการดำรงชีวิต

ข้อต่อยึด (ankylosis) ส่วนมากการเกิดปัญหานี้มักถูกละเลยจากสัตวแพทย์ จนเมื่อเกิดปัญหาขึ้นแล้ว ก็หมดหนทางที่จะรักษาการทำหน้าที่ของข้อต่อบริเวณนั้นเอาไว้ได้ โดยส่วนมากการเกิดข้อยึดนั้นมักพบบ่อยภายหลังการรักษา 5 วันขึ้นไป โดยพยาธิสภาพที่เกิดขึ้น เกิดได้จากการหักของกระดูกที่เกิดขึ้นใกล้กับข้อต่อ ทำให้มีการสร้างเนื้อเยื่อพังผืดและเนื้อเยื่อของแผลเป็นขึ้นบริเวณข้อต่อ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ แต่การเกิดข้อยึดจะเกิดขึ้นเนื่องจากสัตว์ไม่ได้ใช้งานหรือไม่ได้เคลื่อนไหวข้อต่อที่มีเนื้อเยื่อพังผืดนั้น ดังนั้นการป้องกันการเกิดข้อยึดจึงทำได้โดยใช้การรักษาที่ทำให้สัตว์สามารถกลับมาบินหรือเดินได้เร็วที่สุด การเกิดข้อยึดมักเป็นปัญหาที่ปีกมากกว่าที่ขา การขยับข้อต่อหรือบริเวณที่หัก แม้ว่าจะช่วยป้องกันข้อยึดได้ แต่การเคลื่อนของปลายกระดูกที่หักจากการขยับ จะส่งผลต่อการพอกของกระดูกในปริมาณมากเช่นกัน

ซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ ดังนั้นการรักษากระดูกหักโดยการยึดปลายกระดูกหักอย่างมั่นคง ในขณะที่ข้อต่อสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระเป็นสิ่งที่จำเป็น

การเคลื่อนของแท่งเหล็ก (pin migration) มักส่งผลรบกวนการทำงานของข้อต่อหรือทิ่มแทงอวัยวะอื่นๆให้ได้รับความเสียหาย เมื่อเกิดการเคลื่อนของแท่งเหล็กขึ้น อาจรักษาได้โดยการตอกแท่งเหล็กกลับเข้าที่เดิม หรือการถอนแท่งเหล็กออกเมื่อพิจารณาแล้วว่า บริเวณที่หักมีความมั่นคงพอเพียง การตอกแท่งเหล็กกลับเข้าไปใหม่มักมีความแข็งแรงน้อยกว่าแท่งเหล็กที่ใส่ไว้ครั้งแรก และเสี่ยงต่อการเคลื่อนของแท่งเหล็กซ้ำ แต่ถ้าสัตวแพทย์พิจารณาเห็นว่ายังมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการหายของกระดูกได้ก็จะยังไม่พิจารณานำแท่งเหล็กออก

การอักเสบจากการติดเชื้อในโพรงกระดูก (osteomyelitis) การเกิดการอักเสบจากการติดเชื้อนั้นเกิดได้จากการใส่อุปกรณ์ยึดกระดูกที่ไม่สะอาด และใช้การยึดภายในกระดูกในการรักษากระดูกที่หักแบบเปิด โดยในสัตว์ปีกนั้นจะไม่ค่อยมีการแสดงอาการทางระบบ และบริเวณที่เกิดโรคนั้นจะเป็นก้อนหนองแข็งๆ (caseous) และที่ปลายของกระดูกจะเป็นกระดูกที่ตาย ทำให้กระบวนการหายของกระดูกนั้นช้าหรือหยุดไป ซึ่งในการรักษาการติดเชื้อที่โพรงกระดูกจำเป็นต้องรักษาโดยการทำศัลยกรรม นำเอากระดูกและส่วนที่มีการติดเชื้อออก เพาะเชื้อบริเวณที่มีการติดเชื้อใส่อุปกรณ์ยึดกระดูกที่มีความแข็งแรงมาก ซึ่งมักพิจารณาใช้แท่งเหล็กยึดกระดูกจากภายนอก ในการรักษา (Bennett, 1997; Coles, 1985)

การรักษากระดูก ทิบิโอทาร์ซัส (tibiotarsus) หักในสัตว์ปีก

กระดูก tibiotarsus เป็นกระดูกที่เกิดจากการต่อติดของกระดูก tibia และ กระดูก proximal tarsal การต่อติดของกระดูก เกิดขึ้นในกระดูกหลายๆท่อนทั่วร่างกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกแต่ละท่อน และลดมวลรวมของกระดูกทั้งหมด อีกทั้งเพื่อให้ลักษณะทางกายวิภาคเหมาะสมกับการทรงตัวและการบิน ส่วนของกระดูก fibula มีความยาวสิ้นสุดประมาณกึ่งกลางของกระดูก tibiotarsus ด้านบนของกระดูก tibiotarsus คือกระดูก femur ส่วนด้านล่างคือกระดูก metatarsus การหักของกระดูก tibiotarsus มีอุบัติการการเกิดดังที่กล่าวไปแล้ว โดยส่วนมากการหักของกระดูกท่อนนี้ มักจะเป็นชนิดขวาง ทั้งกรณีที่หักตรงกลาง (midshaft) ซึ่งการหักของกระดูกมักเกิดตรงจุดที่กระดูก fibula สิ้นสุด และหักด้านล่าง (distal) มักมีแผลเปิดหรือการทะลุของกระดูกออกมานอกผิวหนัง การบิดหมุนของกระดูกที่หัก มักเกิดจากกล้ามเนื้อ digital flexor ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่สำคัญในการตะครุบเหยื่อ การรักษากระดูกท่อนนี้จึงต้องรักษาโดยการผ่าตัด การรักษากระดูกท่อนดังกล่าวมีรายงานโดย Coles ซึ่งเสนอว่าวิธีการรักษากระดูก humerus หัก สามารถรักษากระดูกท่อนนี้ได้เช่นกัน แต่ปัญหาที่พบบ่อยๆในการรักษากระดูก tibiotarsus หัก คือการบิดหรือหมุนของกระดูก การรักษาโดยการใช้แท่งเหล็กยึดดามกระดูกภายในจึงยังไม่ประสบความสำเร็จ

เท่าที่ควร วิธีการอื่นๆที่นำมาใช้ในการรักษาได้แก่ การใช้แผ่นเหล็กยึดดามกระดูก การใช้แท่งเหล็กยึดดามกระดูกจากภายนอก การพันดามกระดูก เป็นต้น

การรักษากระดูกหักโดยการใช้แท่งเหล็กยึดดามภายในโพรงกระดูก มักใส่แท่งเหล็กแบบ normograde ซึ่งเริ่มต้นใส่จากด้านบนของกระดูก tibiotarsus และกรีดเปิดเข้าถึงกระดูกเพื่อดึงกระดูกกลับและจัดแนวโดยการเปิดผ่าทาง craniomedial ระหว่างกล้ามเนื้อ cranial tibial และ medial gastrocnemius ซึ่งกล้ามเนื้อทั้งสองมัดนั้นเชื่อมกันโดยเนื้อเยื่อฟาสเชียผิวๆเท่านั้น สามารถแยกออก จากกันและเข้าสู่กระดูก tibiotarsus ได้โดยง่าย การใส่แท่งเหล็กนั้นจะใส่แบบ retrograde ก็ได้ ซึ่งทั้งสองวิธีนั้นจะพบว่าแท่งเหล็กยื่นเข้าไปในข้อเข่า (stifle joint) เสมอ ในขณะที่ถ้าใส่แท่งเหล็กไม่ดี หรือทะลุเข้าข้อด้านล่าง จะส่งผลรบกวนการทำงานของ tarsal joint ด้วย ผิวของข้อต่อ ทั้งทางด้านบนและทางด้านล่างจึงมักได้รับความเสียหาย และอาจไปรบกวนการทำงานของเส้นเอ็นสำหรับงอ (flexor tendons) ซึ่งทำให้สัตว์ไม่สามารถใช้ขาได้ชั่วคราวหรือถาวร (Hacourt-Brown, 2005) เมื่อกระดูกต่อติดแล้ว มักต้องนำแท่งเหล็กออกเสมอเพื่อรักษาหรือป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้สัตว์เสี่ยงในการวางยาสลบซ้ำ

จากรายงานการวิจัย หลายๆรายงานแนะนำให้ใช้แท่งเหล็กยึดดามกระดูกจากภายนอกชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ซึ่งเชื่อว่าเป็นวิธีการหลักในการรักษากระดูกท่อนนี้หัก เนื่องจากมีความเหมาะสมในหลายๆด้าน กระดูก tibiotarsus มักหักที่บริเวณกึ่งกลางกระดูกจนถึงด้านล่างของกระดูก และมักพบการหักแบบเปิดเนื่องจากผิวหนังของสัตว์ที่บางและมีกล้ามเนื้อปกคลุมอยู่น้อย โดยเฉพาะด้านล่างของกระดูก การใส่แท่งเหล็กยึดกระดูกท่อนนี้ เพื่อให้มีดามมั่นคงมากที่สุดแนะนำให้ใส่อย่างน้อย 3 อันด้านบนของรอยหัก และ 3 อันด้านล่างของรอยหัก ปลายแท่งเหล็กควรทะลุผิวกระดูกทั้งสองด้านจะเห็นได้ว่าวิธีนี้สามารถรักษากระดูกหักได้มั่นคงและดีที่สุดเมื่อมีการหักตรงกลางกระดูกกรณีที่กระดูกหักตรงปลายนั้น หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องใส่แท่งเหล็กดามกระดูกจากภายนอกผ่านข้อต่อ (transarticular fixation) เพื่อให้มีความแข็งแรง มั่นคง และมีพื้นที่ในการใส่อุปกรณ์พอเพียง ซึ่งเมื่อเกิดกระดูกต่อติด มักจะเกิดข้อยึดทั้งแบบชั่วคราว ซึ่งอาจรักษาได้โดยการทำกายภาพบำบัด และแบบถาวร หลักการใส่แท่งเหล็กในสัตว์ปีก เป็นเช่นเดียวกับหลักการรักษาในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการใช้แท่งเหล็กยึดดามกระดูกจากภายนอกจะเป็นวิธีการที่แนะนำ แต่ปัญหาจากการรักษากระดูกหักโดยใช้วิธีนี้ที่พบได้ เช่น การครูดของอุปกรณ์กับผิวหนัง อุปกรณ์ยึดกระดูกได้ไม่มั่นคง เนื่องจากกระดูกบาง อุปกรณ์หลุดก่อนกำหนด กระดูกแตกจากการเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์ การติดเชื้อ การหายของกระดูกช้า อุปกรณ์น้ำหนักมาก รบกวนการเคลื่อนไหวของสัตว์ ไม่สามารถแก้ปัญหากระดูกบิดหมุนได้สมบูรณ์ การจัดเรียงแนวกระดูกทำได้ไม่ดี ทำให้สัตว์ไม่สามารถใช้ขารับน้ำหนักได้เต็มที่ เป็นต้น ปัญหาต่างๆดังกล่าวนี้ จึงทำให้มี

การพัฒนานำอุปกรณ์อื่นมาทดแทนอุปกรณ์แบบเดิม เพื่อให้มีน้ำหนักเบา เช่น การใช้เข็มฉีดยาและ hexcelite เพื่อให้มีความมั่นคงมากขึ้น เช่น การนำแท่งเหล็กแบบมีกลียวมาใช้แทนแท่งเหล็กธรรมดา แม้ว่าจะมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆขึ้นมากมาย แต่ก็ยังได้รับผลการรักษาที่ไม่แน่นอน (Hacourt-Brown, 2005; Olsen and Orosz, 2000)

จากลักษณะทางกายวิภาค ปัญหาหลักของการรักษากระดูกท่อนนี้จึงเกิดจากการบิดหมุนของกระดูก ซึ่งควรที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถต้านแรงหมุนได้ดี ส่วนปัญหาอื่นๆมักเกิดจากความไม่เหมาะสมของอุปกรณ์ เช่น มีน้ำหนักมาก อุปกรณ์ยื่นออกมานอกตัวสัตว์และครูดกับผิวหนัง อุปกรณ์ยื่นออกมานอกกระดูกและทำลายผิวข้อต่อ และปัญหาเรื่องการวางยาสลบซ้ำ การรักษาขาด้านที่หักได้ ไม่สมบูรณ์และทำให้สัตว์ลงน้ำหนักได้ไม่เต็มที่ และจะเหนี่ยวนำให้ขาอีกข้างเป็นโรค bumblefoot ตามมา (Hacourt-Brown, 2005)

จากการทบทวนเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยพบว่าการรักษากระดูก tibiotarsus หักนั้นต้องอาศัยการต้านแรงที่เกี่ยวข้องกับการบิดหมุน ซึ่งเป็นแรงที่สำคัญเมื่อมีการหักของกระดูกท่อนนี้ แบบขวาง วิธีการรักษาในปัจจุบันที่นิยมนั้นยังพบปัญหาต่างๆ เช่น การหลุดของอุปกรณ์ก่อนกำหนด กระดูกหักเพิ่มจากการเจาะรูเพื่อใส่อุปกรณ์ การรบกวนการทำงานของข้อต่อเมื่อเกิดการเคลื่อนของ แท่งเหล็ก ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าควรมีวิธีการรักษาที่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาแทรกซ้อนภายหลังจากการรักษาได้ จึงคิดว่าควรนำการรักษาโดยการประยุกต์ใช้ แกนกระบอกฉีดยาดามภายในกระดูกทดแทนการใส่ แท่งเหล็กยึดดามภายในกระดูก ในการรักษาร่วมกับการใช้แท่งเหล็กขนาดเล็กแทงขวางกระดูกเพื่อลดแรงหมุน โดยอาศัยหลักกการของ interlocking nail ในการรักษากระดูกหักในสัตว์ปีกมาศึกษา