

獲得掌側傾斜を意識した 掌側ロックングプレート固定術

はじめに

掌側ロックングプレート(palmar locking plate : PLP)は設置位置や、それが有するプレート・アーム部とシャフト部の反り角であるvolar cortical angle (VCA)の違いによって、固定後に獲得される掌側傾斜(palmar tilt:PT)に差異が生まれる^{1,2)}。この特徴を活用することは再転位を防ぐだけでなく、PLP固定後に生じた手根骨掌側(亜)脱臼の治療にも役立つ。今回、この小冊を通して獲得PTを意識したPLP固定術への理解を深めていただきたい。



一般財団法人
新潟手の外科研究所 研究部長

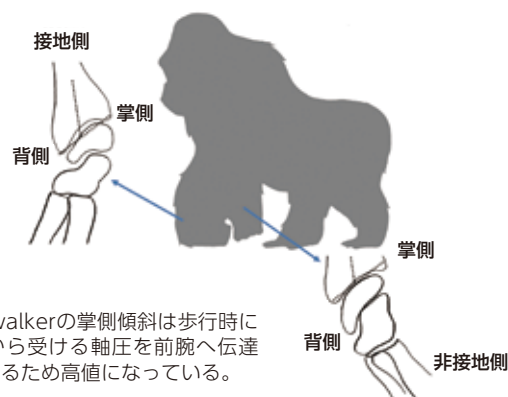
森谷 浩治 先生

- ・日本手外科学会 代議員
- ・日本骨折治療学会 評議員
- ・日本肘関節学会 評議員
- ・日本マイクロサージャリー学会 評議員

ヒトにおけるPT

人類進化の起源であるゴリラやチンパンジーはknuckle walkerと呼ばれ、歩行時に前肢の指関節を屈曲させ、その背面を地面について歩行する。彼らknuckle walkerのPTは高値であり、それは手根骨を関節窩にしっかり収め、歩行時にナックルから受ける軸圧を前腕へ伝達しやすくするためといわれる(図1)³⁾。一方、ヒトは二足歩行することで前肢が道具を扱える上肢となり、それに伴ってPTは減少していった^{3,4)}。つまり、ヒトの橈骨遠位関節面が掌屈していることはknuckle walkerの名残でしかなく、高度に発達した現代社会を生きる私達に生じた橈骨遠位端骨折の治療において、PTを忠実に健側または受傷前と同じように修復する意義は少ないかもしれない。

図1 Knuckle walkerの掌側傾斜



Knuckle walkerの掌側傾斜は歩行時にナックルから受ける軸圧を前腕へ伝達しやすくするため高値になっている。

PTと生体力学

PTが正常の場合、橈骨遠位端関節面掌側部には手部からの荷重が常に負荷されている⁵⁾。この荷重はPTの増減により、その通過部位が変化し、PTが増大するほどより掌側へ⁶⁾、減少するほど背側へ荷重軸は移動する^{7,8)}。また、PTが -10° 未満になると遠位橈尺関節の剛性が低下、つまり不安定性が生じ始める⁹⁾。反対にPTが 20° より大きくなると剛性が増え、前腕の回外が制限される¹⁰⁾。

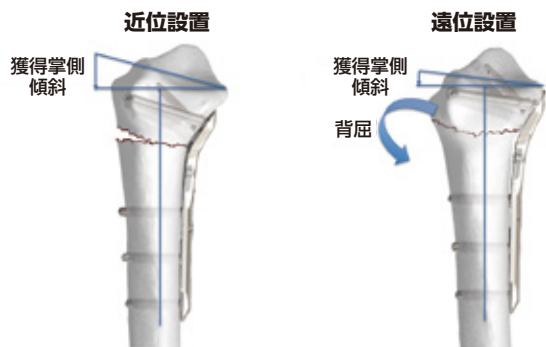
PTの許容範囲

1951年にGartlandが過度な背屈変形は治療成績に悪影響を及ぼすと報告¹¹⁾して以後、PTの再建に意識が向けられるようになった。背屈変形では 10° を越える場合に治療成績が不良となり^{11,12)}、逆にPTが 20° より大きくなる掌屈変形においても成績は悪化する¹³⁾。一般的に背屈変形の許容範囲は高齢者で -30° 以上¹⁴⁾、若年者では -10° 以上とされ¹⁵⁾、掌屈変形に関しては 20° 以下といわれる¹⁶⁾。PTの正常値が $0^{\circ} \sim 28^{\circ}$ であることを踏まえると^{17,18,19)}、橈骨遠位端骨折後のPTは背屈方向への転位に対しては比較的余裕があるものの、掌屈転位への許容は少ない。前述のようにPTは進化的観点からも厳密な再建は不要と思われるので、著者はPTが $-5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の範囲になるように治療している。

獲得PTとPLP固定

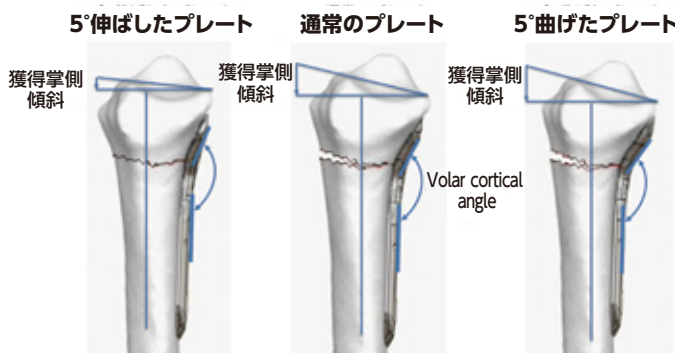
PLPは形状が同じであれば設置位置が遠位になるほど、そのプレートによって獲得されるPTは減少する(図2)^{1,2)}。またVCAが少ないプレートをを用いた固定ほどPTは減少する(図3)¹⁾。術後の矯正損失や骨片転位による再手術を予防するためには、この2点を理解しておかねばならない。

図2 設置位置と獲得掌側傾斜



プレートを遠位に設置すると遠位骨片が背屈するため獲得掌側傾斜は少なくなる。

図3 Volar cortical angleと獲得掌側傾斜



Volar cortical angleが小さい(伸ばした)プレートでは獲得掌側傾斜は減少し、大きい(曲げた)プレートでは増大する。

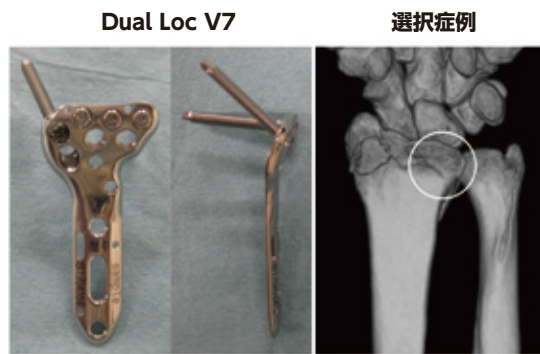
高齢者の背側転位型骨折および青壮年者の全ての骨折では、月状骨窩を含んでいる骨片の掌側骨皮質長が関節面から10mm以上あればDual Loc® Radiiシステム内の近位設置型PLPであるDual Loc V17を、それ未満であれば遠位設置型PLPのDual Loc V7を使用する(図4)²⁾。これは関節内骨折においても変わらず、関節面の骨折形態はプレート選択にとって二義的な要素になる。

図4 プレート選択基準



A Dual Loc V17と選択症例

月状骨窩掌側を含む骨片の掌側骨皮質長(丸印)が10mm以上あれば近位設置型のDual Loc V17を選択する。



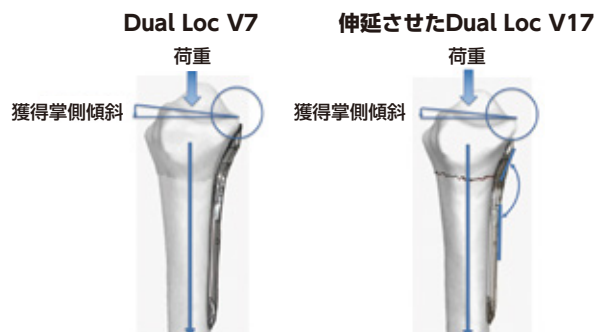
B Dual Loc V7と選択症例

月状骨窩掌側の骨皮質長(丸印)が10mm未満ならば遠位設置型のDual Loc V7を選択する。

高齢者の掌側転位型骨折を近位設置型PLPで内固定すると遠位骨片の掌屈転位をきたしやすく²⁰⁾、それを防ぐためには遠位骨片が有する掌側骨皮質長に関係なく、遠位設置型PLP (Dual Loc® RadiiシステムではDual Loc V7) を用いた内固定でPTの減弱を図る。

遠位骨片の掌側骨皮質長が10mm以下の橈骨遠位端関節縁骨折では、その90%に月状骨窩掌側(volar lunate facet: VLF)の骨片を伴う²¹⁾。このVLFを含めた橈骨遠位端関節面掌側部にはPTが正常ならば骨片転位やPLP固定後の手根骨掌側(亜)脱臼を引き起こす手部からの荷重が常に負荷されている^{1,2,20)}。そのためVLFを有する骨折に対しては遠位設置型のDual Loc V7もしくはVCAが少ない、つまり伸延したDual Loc V17で固定し、PTを減少させてVLF骨片を免荷する(図5)¹⁾。

図5 月状骨窩掌側部の免荷



Dual Loc V7や伸延させたDual Loc V17では獲得掌側傾斜が少なくなり、手部からの荷重軸(矢印)は背側へ移動する。そのため月状骨窩掌側部(丸印)は荷重から免荷されることになる。

橈骨遠位端関節縁骨折に対するPLP固定^{1,2)}

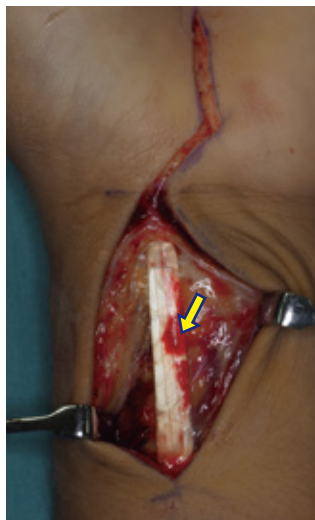
皮切(図6): 橈側手根屈筋 (flexor carpi radialis: FCR) 腱上から手くび皮線を越えて、手掌部へ至る皮切を用いる。これは月状骨窩の掌側縁を十分露出するためだけでなく、遠位設置型であるDual Loc V7の関節近傍設置によって起こりうる手根管症候群の発症を予防する目的も含んでいる。

展開: 最初にFCR腱表層で前腕屈側の浅筋膜を切開し(図7A)、続いてFCR腱をよけ深筋膜を切離すると、その直下に正中神経掌枝が現れる(図7B)。それを遠位方向に剥離して、手掌部橈側の皮膚に含まれるようにする(図7C)。この正中神経掌枝を損傷しないよう注意しながら、屈筋支帯を切離して手根管を開放する(図7D)。次に方形回内筋(pronator quadratus: PQ)を橈側で切離・剥離した後(図7E)、長母指屈筋腱と正中神経は橈側へ、その他の手指屈筋腱は尺側へよけて橈骨遠位部掌側を十分に露出する(図7F)。

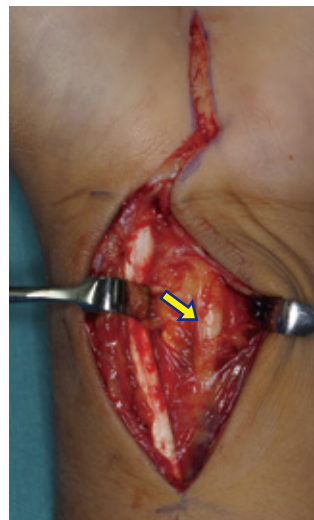
図6・図7 皮切・展開



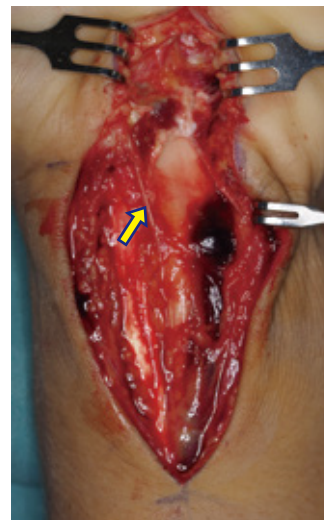
6 皮切



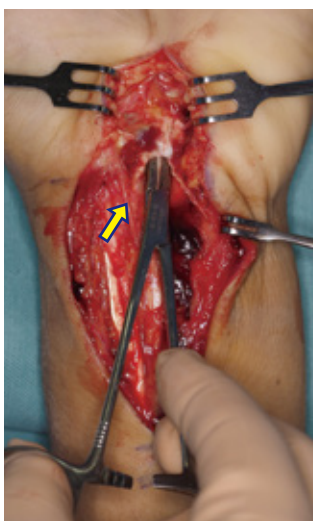
7A 橈側手根屈筋腱(矢印)の表層で前腕屈側の浅筋膜を切開する。



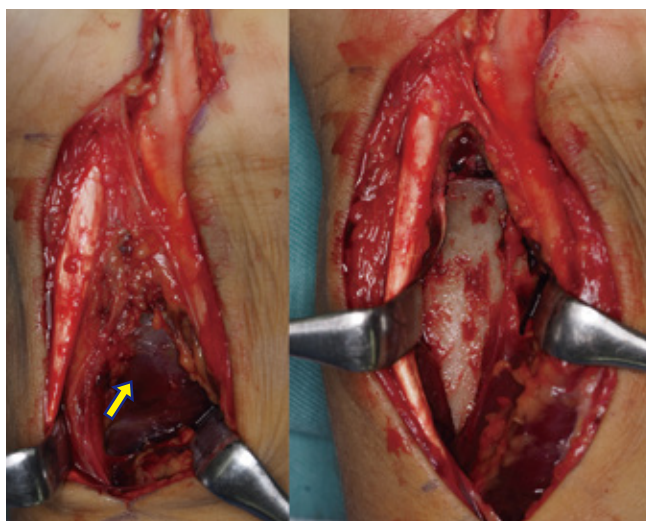
7B 橈側手根屈筋腱をよけ深筋膜を切離すると、その直下に正中神経掌枝(矢印)が現れる。



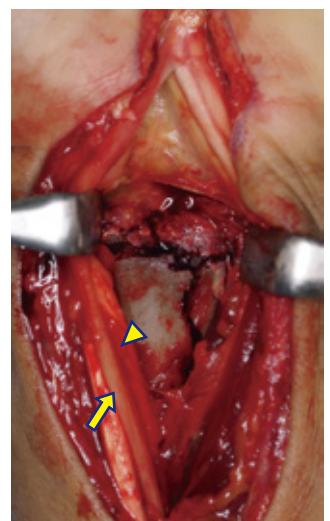
7C 正中神経掌枝(矢印)を遠位方向に剥離して、手掌部橈側の皮膚に含まれるようにする。



7D 正中神経掌枝(矢印)を損傷しないように屈筋支帯を切離して手根管を開放する。



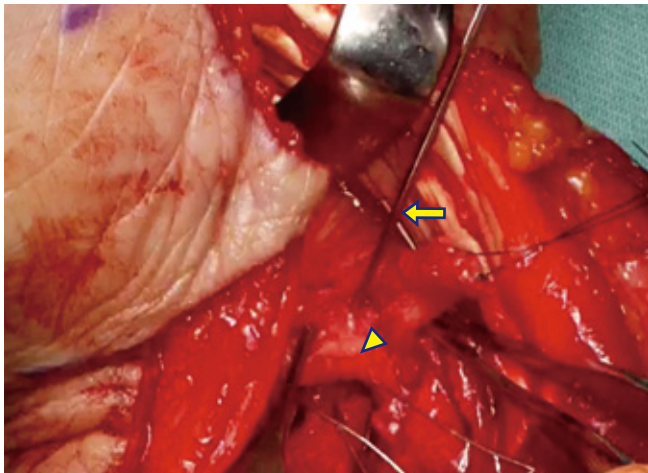
7E 方形回内筋(矢印)を近位骨片の橈側で切離・剥離する。



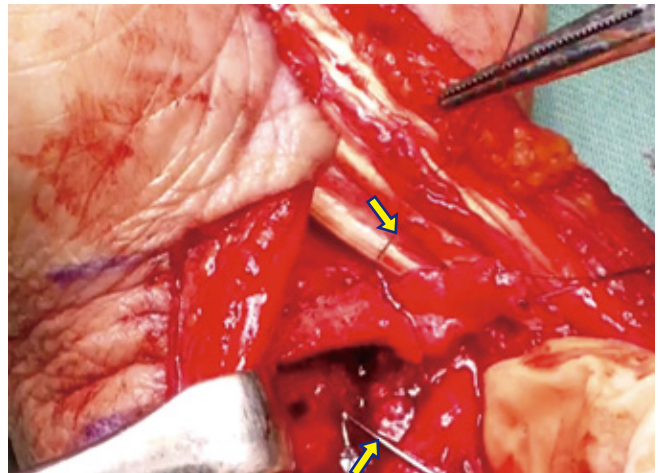
7F FPL腱(矢頭)と正中神経(矢印)は橈側へ、その他の手指屈筋腱は尺側へよけて橈骨遠位部掌側を十分に露出する。

VLF骨片の整復・固定: VLF骨片およびそれに相対する近位骨片に径1.2mm Kirschner (K) 鋼線で骨孔をあけ(図8A)、そこに27ゲージの軟鋼線を通す(図8B)。骨片に付着する軟部組織に掛けた編み糸を用いた骨片整復法 (method of handling yarn ; MOHY)²²⁾で直視下にVLF骨片を整復しながら、骨内鋼線締結法 (intraosseous wiring: IOW) で固定する(図8C)。必要があれば舟状骨窩骨片も同様に整復・内固定する。その後、手関節を掌屈させ、畳んだ滅菌敷布を手部背側に置く(図8D)。

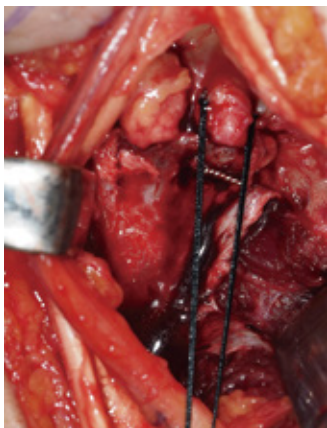
図8 月状骨窩掌側骨片の整復・固定



8A 月状骨窩掌側骨片(矢頭)に径1.2mm Kirschner鋼線(矢印)で骨孔をあける。



8B あけた骨孔に27ゲージの軟鋼線(矢印)を通す。



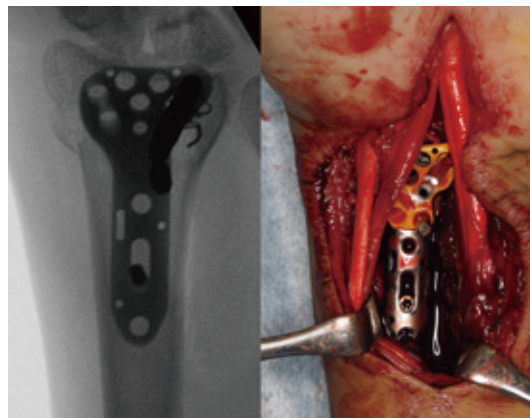
8C 月状骨窩掌側骨片に付着する軟部組織に掛けた編み糸を用いて整復し、軟鋼線を締結する。



8D 整復位の維持

PLPと近位骨片の固定: 遠位設置型のDual Loc V7を橈骨掌側面に載せる。X線イメージ透視下にプレート・アーム部でVLF骨片が支えられる位置にDual Loc V7を置き、最初に2.7mmスクリューをプレート・シャフト部楕円孔に、K鋼線を仮固定孔に挿入する(図9)。再度、X線イメージ透視でプレートの設置高位が適切であることを確認する。

図9 PLPと近位骨片の固定



X線イメージ透視下にプレート設置位置を決定した後、最初に2.7mmスクリューをプレート・シャフト部楕円孔に挿入する。

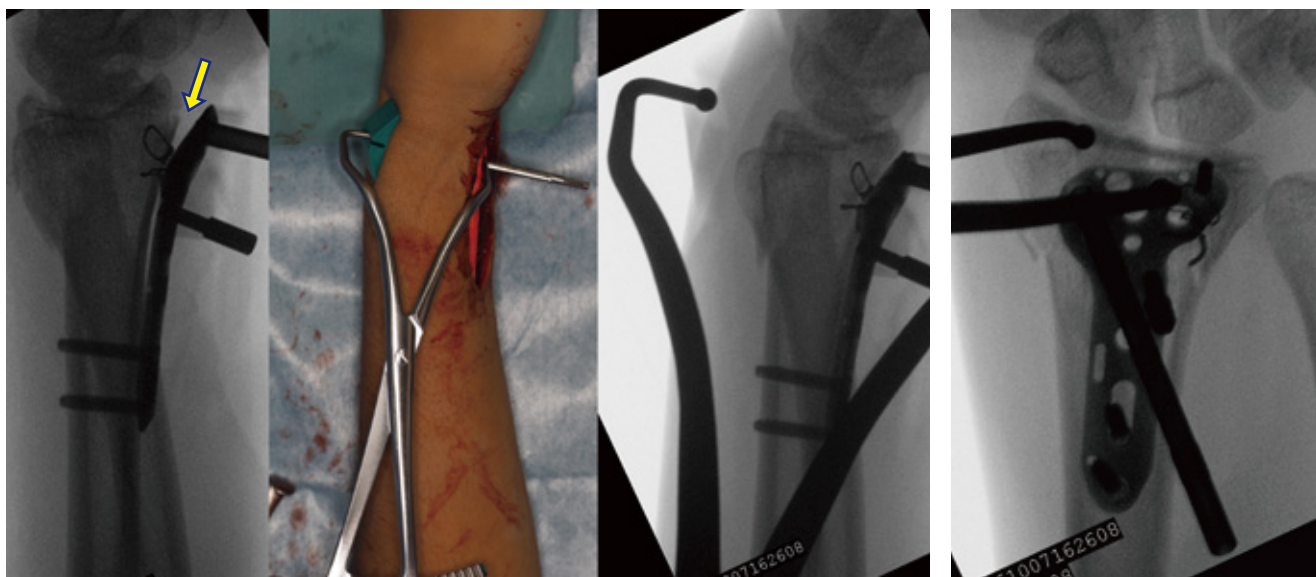
PLPと遠位骨片の圧着・固定: 圧着鉗子を用いてプレート遠位部をVLF骨片に押しつける (図10A)。X線イメージ透視下にプレート・アーム部とVLF骨片が接していることを確認してから、プレート・アーム部のロックホールに2.0mmロックピンないし2.7mmロックスクリューを挿入していく (図10B)。

*手術の主目的はVLF骨片の免荷および支えになる。また、VLF骨片に対してIOWも施行していることから、必ずしもプレート・アーム部から挿入した2.0mmロックピンまたは2.7mmロックスクリューでVLF骨片を捉える必要はない。PLPの遠位端でVLF骨片を支持でき、かつPTが減弱していれば、それを維持する目的でプレート・アーム部2列目だけの2.0mmロックピンまたは2.7mmロックスクリュー挿入でも構わない。

転位している橈骨茎状突起骨片は径1.5mmのK鋼線を骨片に挿入し、それを整復道具として用いながら、橈骨茎状突起骨片に向けて最傍側のロックホールから2.0mmロックピンまたは2.7mmロックスクリューを挿入する (図10C)。

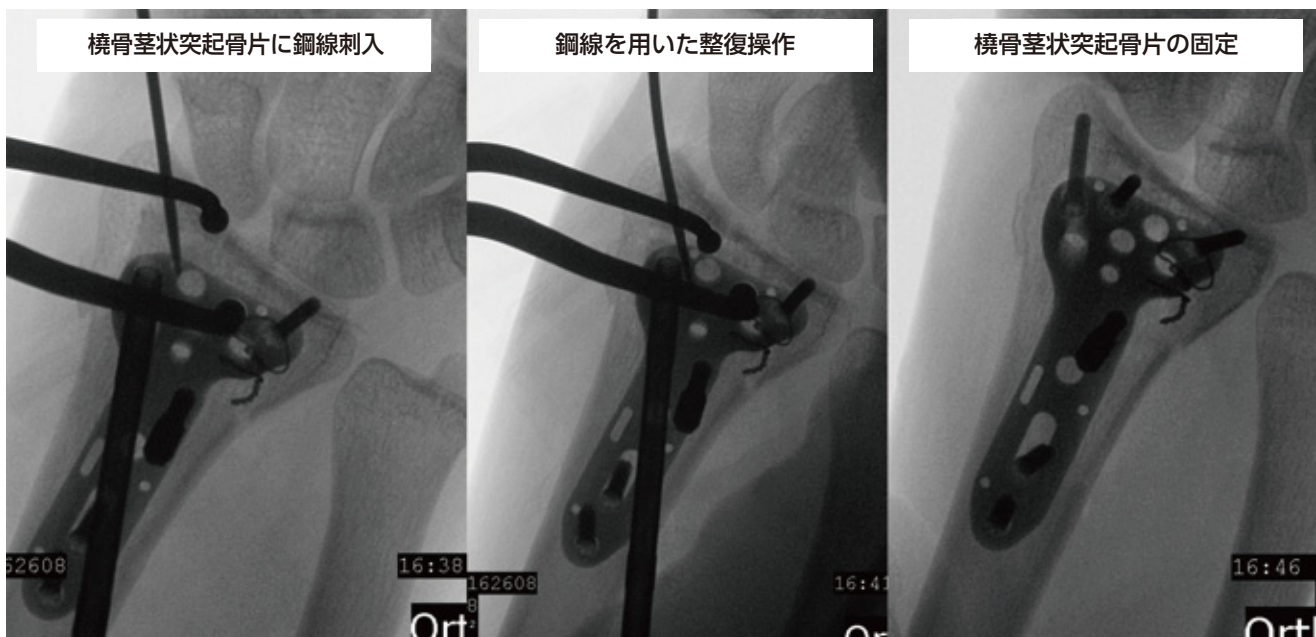
PLPと近位骨片の最終固定: プレート・シャフト部の残りの正円孔に2.7mmスクリューまたは2.7mmロックスクリューを挿入してPLPと近位骨片の固定を完了する。

図10 PLPと遠位骨片の圧着・固定



10A 遠位骨片に対するプレートの浮き上がり (矢印) を圧着鉗子で抑える。

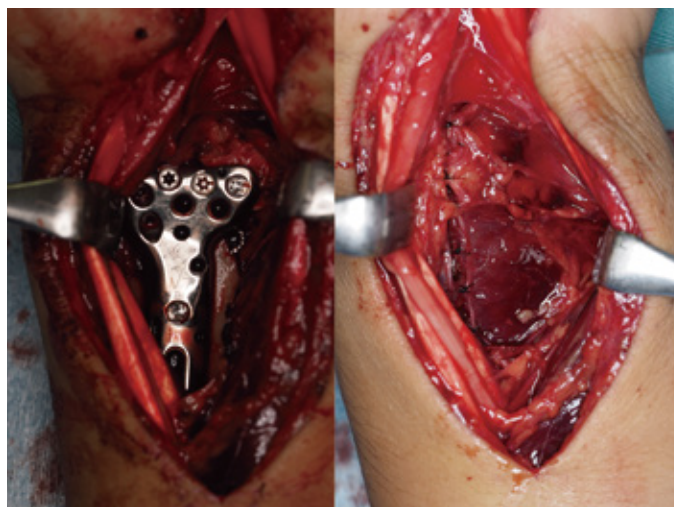
10B アライメントに問題がなければ、プレート・アーム部のロックホールに2.0mmロックピンないし2.7mmロックスクリューを挿入する。



10C 転位している橈骨茎状突起骨片は径1.5mmのKirschner鋼線を骨片に挿入し、それを整復道具として用いながら固定する。

閉創:切離・剥離したPQでプレート遠位端を可及的に被覆する(図11)。前腕屈側の浅および深筋膜は修復せず、皮下と皮膚のみ縫合して手術創を閉鎖する。

図11 プレート遠位端の被覆



切離・剥離したPQを用いてプレート遠位端を可及的に被覆する。

まとめ

Knuckle walkerの名残であるPTは、その獲得目標値を $-5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ としても、治療成績や生体力学的観点から問題はない。特にVLF骨片を有する橈骨遠位端関節縁骨折に対しては骨片の固定だけに固執せず、PT減弱によるVLF骨片の免荷効果を得ることも治療手段の一つになる。

文献

- 1) 森谷浩治: Rim骨折に対する治療戦略. 整形外科Surgical Technique 9:279-288,2019
- 2) 森谷浩治: Dual Loc Radiumシステム. 橈骨遠位端骨折を究める-診療の実践A to Z. 安部幸雄(編), 第1版, 南江堂, 東京, 207-213, 2019
- 3) Richmond BG et al: Evidence that humans evolved from a knuckle-walking ancestor. Nature 404:382-385,2000
- 4) Richmond BG et al: Origin of human bipedalism: the knuckle-walking hypothesis revisited. Am J Phys Anthropol 33(Suppl):70-105,2001
- 5) Márquez-Florez K et al: Theoretical distribution of load in the radius and ulna carpal joint. Comput Biol Med 60:100-106,2015
- 6) 恒吉康弘ほか: Smith骨折はなぜ転位しやすいのか-実験的考察に基づいた検討. 骨折 25:771-775,2003
- 7) Short WH et al: A biomechanical study of distal radial fractures. J Hand Surg Am 12:529-534,1987
- 8) 佐藤伸一: ヒト手関節の圧応力解析-正常手関節と病的手関節の対比. 日整会誌 69:470-483,1995
- 9) Saito T et al: The effects of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint stability: a biomechanical study. J Hand Surg Eur 38:739-745,2013
- 10) Bessho Y et al: Effect of volar angulation of extra-articular distal radius fractures on distal radioulnar joint stability: a biomechanical study. J Hand Surg Eur 40:775-782,2015
- 11) Gartland JJ Jr et al: Evaluation of healed Colles' fractures. J Bone Joint Surg Am 33:895-907,1951
- 12) Brogren E et al: Relationship between distal radius fracture malunion and arm-related disability: a prospective population-based cohort study with 1-year follow-up. BMC Musculoskelet Disord 12:9,2011
- 13) Hollevoet N et al: Anterior fracture displacement in Colles' fractures after Kapandji wiring in women over 59 years. Int Orthop 31:397-402,2007
- 14) Fernandez DL: Should anatomic reduction be pursued in distal radial fractures? J Hand Surg Br 25:523-527,2000
- 15) Kelly AJ et al: Is manipulation of moderately displaced Colles' fracture worthwhile? A prospective randomized trial. Injury 28:283-287,1997
- 16) Sato K et al: Corrective osteotomy for volarly malunited distal radius fracture. J Hand Surg Am 34:27-33,2009
- 17) Schuind FA et al: A normal data base of posteroanterior roentgenographic measurements of the wrist. J Bone Joint Surg Am 74:1418-1429,1992
- 18) Jupiter JB et al: Reconstruction of post-traumatic deformity of the distal radius and ulna. Hand Clin 4:377-390,1988
- 19) DePalma AF: Comminuted fractures of the distal end of the radius treated by ulnar pinning. J Bone Joint Surg Am 34:651-662,1952
- 20) 森谷浩治ほか: 高齢者Smith骨折に対する掌側ロッキングプレート固定の治療成績. 日手会誌 35:86-90,2018
- 21) 森谷浩治: 橈骨遠位端関節縁骨折(Rim骨折)の治療戦略. 骨折 40(Suppl):S42,2018
- 22) 倉石達也ほか: 上腕骨内側上顆骨折, 肘頭骨折に対する編み糸操作による骨片修復法. 日手会誌 30:383-385,2013

【2019年6月】

 **メイラ 株式会社** メディカル事業部 営業部

販売名: Dual Loc Radium システム
承認番号: 22800BZX00220000

販売名: Dual Loc Radium システム器械セット
届出番号: 21B1X00003000307

〒453-0015 名古屋市中村区椿町17番15号 TEL 052-459-1277
URL <http://www.meira.co.jp/>

資料のご請求に関しましては、弊社営業担当またはマーケティング担当へお問い合わせ下さい。