症例報告

二次性副甲状腺機能亢進症を合併した透析患者の副甲状腺摘出術において術中 intact PTH モニタリングを行った 1 例

成山 真一¹ 富永 芳博² 澁谷 浩二³ 杉木 雅彦¹
 野口 哲也¹ 澁谷 浩司¹ 西岡 正登¹ 藤田 嘉一¹
 依藤 良一⁴ 粕本 博臣⁵ 櫛木 聡⁵ 中西 健⁶
¹住吉川病院内科 ²名古屋第二赤十字病院移植・内分泌外科 ³住吉川病院外科
⁴仁成クリニック ⁵川崎病院腎臓内科 ⁶兵庫医科大学病院腎透析科

キーワード：血液透析，二次性副甲状腺機能亢進症，副甲状腺摘出術，術中 intact PTH モニタリング

〈要旨〉

血液透析患者の骨ミネラル代謝異常（CKD-MBD：chronic kidney disease-mineral and bone disorder）の中でも二次性副甲状腺機能亢進症は頻度が高く，非常に重要な病態である．近年ではこれらに対して炭酸カルシウム，ビタミン D 製剤，塩酸セベラマー，炭酸ランタン，シナカルセト塩酸塩などを用いた内科的治療が第一選択であるが，内科的治療に抵抗性を示す症例もまれではない．このような進行した二次性副甲状腺機能亢進症に対して副甲状腺摘出術（PTx）が行われる．今回，われわれは維持血液透析患者に合併した二次性副甲状腺機能亢進症に対し，術中 intact PTH モニタリングを行いながら PTx を施行した 1 例を経験した．症例は，62 歳女性，慢性腎炎由来の慢性腎不全のため 1986 年に血液透析導入となり翌年に腎移植を行ったが，1997 年 4 月に血液透析に再導入となった．以後維持透析を行っていたが，2012 年に入り次第に intact PTH の上昇を認め，2013 年 3 月には intact PTH が 1,137 pg/mL と高値を示したため二次性副甲状腺機能亢進症に対する外科的加療を目的に入院となった．入院後に PTx を施行した．その際の術直前 intact PTH 値は 1,010 pg/mL であり，全腺摘出 10 分後の intact PTH 値は 103 pg/mL に低下しており，病的副甲状腺完全摘出と判断した．術中 intact PTH モニタリングは，副甲状腺摘出術における病的副甲状腺完全摘出の成否の迅速な判断に有用であると考えられた．

A hemodialysis patient in whom intraoperative PTH monitoring was useful for parathyroidectomy

Shinichi Nariyama¹, Yoshihiro Tominaga², Kouji Shibuya³, Masahiko Sugiki¹, Tetsuya Noguchi¹, Hiroshi Shibuya¹, Masato Nishioka¹, Yoshikazu Fujita¹, Ryouichi Yorifuji⁴, Hiroomi Kasumoto⁵, Satoshi Hazeki⁵, Takeshi Nakanishi⁶

¹Department of Internal Medicine, Sumiyoshigawa Hospital, ²Department of Transplant and Endocrine Surgery, Nagoya Second Red Cross Hospital, ³Department of Surgery, Sumiyoshigawa Hospital, ⁴Jinsei Clinic, ⁵Division of Nephrology, Department of Internal Medicine, Kawasaki Hospital, ⁶Department of Kidney and Dialysis, Hyogo College of Medicine

Key words : hemodialysis, secondary hyperparathyroidism, parathyroidectomy, intraoperative PTH monitoring
 〈Abstract〉

Even among CKD-MBD (chronic kidney disease-mineral and bone disorder) cases, secondary hyperparathyroidism is one of the serious complications in hemodialysis patients. In recent years, its medical treatment has progressed. Calcium carbonate, vitamin D receptor activator, sevelamer hydrochloride, lanthanum carbonate, and cinacalcet hydrochloride are usually acceptable. However, in some patients, advanced secondary hyperparathyroidism is refractory to medical treatment, so surgical treatment is indicated. We experienced a hemodialysis

patient who required parathyroidectomy (PTx) for advanced secondary hyperparathyroidism and for whom we performed PTx with intraoperative PTH monitoring. This patient was a 62-year-old woman for whom hemodialysis had been introduced in 1986 due to chronic nephritis. She then underwent a kidney transplant in 1987 and hemodialysis was restarted in April 1997. Thereafter, from 2012, a gradual increase of intact PTH level was observed, reaching a high value of 1,137 pg/mL in March 2013. PTx was performed with intraoperative PTH monitoring during surgery. From a preoperative value of 1,010 pg/mL, intact PTH level decreased to 103 pg/mL 10 minutes after the whole parathyroid glands had been removed. We conclude that intraoperative PTH monitoring can be useful to recognize whether the whole glands can be removed.

緒 言

日本透析医学会統計によると、わが国の維持血液透析患者数は今や約 30 万人に上る¹⁾。これらの維持血液透析患者の重要な合併症の一つに骨ミネラル代謝異常 (CKD-MBD: chronic kidney disease-mineral and bone disorder) があげられる。ミネラルの代謝異常に伴い線維性骨炎や骨軟化症といった骨病変を発症するのみならず、全身の血管石灰化も惹起する。このためミネラル代謝異常は血液透析患者の生命予後に極めて悪影響を及ぼすことが知られており²⁾、CKD-MBD を管理することは血液透析患者の生命予後改善の観点から極めて重要な意義を持つ。この CKD-MBD の中でも頻度の高い二次性副甲状腺機能亢進症に対する治療の第一選択として、炭酸カルシウム、ビタミン D 製剤、塩酸セベラマー、炭酸ランタン、シナカルセト塩酸塩などを用いた内科的加療が行われている。しかしわが国では長期透析患者も多く、内科的加療に抵抗性を示す症例も少なからず認められる。そのような症例に対して副甲状腺摘出術 (PTx) が適応となる。PTx を行う際に病的副甲状腺の完全摘出の指標として術中 intact PTH モニタリングの有用性が報告されている³⁾。

今回、われわれは二次性副甲状腺機能亢進症を合併した維持血液透析患者に対する PTx を行う際に、術中 intact PTH をモニタリングすることで迅速に副甲状腺を摘出し得た 1 例を経験したので報告する。

I. 症 例

症例：62 歳、女性。

主訴：四肢関節痛（高度二次性副甲状腺機能亢進症によると考えられる）。

家族歴：特記すべき事項なし。

既往歴：1987 年 8 月、腎移植術。2011 年 4 月、冠動脈バイパス術。2011 年 11 月、腹部大動脈瘤に対し腹部大動脈-両側外腸骨動脈バイパス術。

表 1 入院時検査所見

TP	6.3 g/dL	CRP	0.1 mg/dL
Alb	3.9 g/dL	WBC	$44 \times 10^2 / \mu\text{L}$
ALT	10 IU/L	RBC	$366 \times 10^4 / \mu\text{L}$
AST	12 IU/L	Hb	12.6 g/dL
BUN	56.3 mg/dL	Ht	40.4%
Cre	8.8 mg/dL	Plt	$13.4 \times 10^4 / \mu\text{L}$
Na	139 mEq/L	OC	260 ng/mL
K	3.8 mEq/L	BAP	62.4 $\mu\text{g/L}$
Cl	103 mEq/L	Intact-PTH	778 pg/mL
Ca	8.7 mg/dL	Whole-PTH	360 pg/mL
IP	3.7 mg/dL		

現病歴：慢性糸球体腎炎由来の慢性腎不全のため 1986 年に血液透析導入となった。翌年に腎移植術を行い血液透析離脱となったが、1997 年 4 月に血液透析に再導入となった。以後他院で週 3 回の維持血液透析を行っていた。2012 年に入り徐々に intact PTH 値の上昇をきたし同年 5 月には intact PTH 値が 781 pg/mL まで上昇した。シナカルセト塩酸塩等の投与により一旦は intact PTH 値の改善を認めたものの 9 月以降に再上昇、2013 年 3 月には intact PTH 値は 1,137 pg/mL となった。二次性副甲状腺機能亢進症に対する内科的管理は困難であり、外科的加療を要すると判断され当院に紹介受診となった。

入院時現症：身長 153 cm、体重（透析時目標体重）41.5 kg、意識清明、体温 36.5 度、脈拍 78 回/分・整、血圧 162/90 mmHg。結膜に貧血・黄疸なし、顔面浮腫なし。呼吸音は正常。前胸部に手術痕あり。腹部に手術痕あり。腹部は平坦・軟で肝脾腎を触知せず、両側下腿浮腫は認めず。

入院時検査所見：入院時の検査所見を示す（表 1）。透析前の採血であるため BUN 56.3 mg/dL、Cre 8.8 mg/dL と高窒素血症を呈していた。血清アルブミン 3.9 g/dL、血清カルシウム 8.7 mg/dL、血清リン 3.7 mg/dL であった。intact PTH 778 pg/mL と高値であり、total ALP 570 IU/L、骨型 ALP 62.4 $\mu\text{g/L}$ 、オステオカルシン 260 ng/mL といずれも高値であった。随時血糖値 110 mg/dL、HbA1c は 5.1% と血糖管理は良

図 1 頸部エコー
 a. 左上副甲状腺
 b. 左下副甲状腺
 c. 右上副甲状腺
 (Para : parathyroid gland)

好であった。CRP は 0.1 mg/dL, 白血球数 4,400/ μ L と炎症反応は認めなかった。Hb 12.6 g/dL, Ht 40.4% と著明な腎性貧血は認めなかった。

画像所見：胸部 X 線上、心胸郭比 47.9% と心拡大はなく、明らかな胸水貯留・肺うっ血像も認めなかった。

入院後経過：手術前に行った頸部エコーでは甲状腺左葉後側面に 2 か所、甲状腺右葉後側面に 1 か所（左葉：10.1×7.9×8.4 mm, 6.6×4.0×4.9 mm, 右葉：11.2×7.7×7.2 mm）の腫大した副甲状腺を認めた（図 1）。また MIBG シンチグラフィーでは両甲状腺下核付近に集積の亢進を認めた（図 2）。頸部 CT では甲状腺左葉側後面に 11 mm 大、甲状腺右葉側後面に 9 mm 大と 5 mm 大の腫大した副甲状腺と思われる腫瘤を認めた（図 3）。これらの検査所見および内科的治療が困難であることを併せて考慮し、副甲状腺摘出術の適応と判断した。

5 月上旬に副甲状腺全摘出後前腕筋肉内自家移植術を施行した。全身麻酔下で前頸部を皮膚切開し、皮下を広頸筋まで切開した。次いで上方は甲状軟骨上縁、下方は胸骨切痕、側方は胸鎖乳突筋が露出する部位まで皮弁を作成した。前頸筋群を正中切開し甲状腺を露出した後に、まず左方の反回神経を同定した上で甲状

図 2 MIBG シンチ

腺左葉上極付近を検索し左上副甲状腺を確認、摘出した。次に左下方の検索を行い左胸腺および左下副甲状腺を摘出した。同様の手技で甲状腺右葉上極付近の検索を行い、右上副甲状腺を摘出した後に右下方検索に移り右胸腺および右下副甲状腺を摘出した。創部を洗

図 3 頸部 CT

図 4 術中 intact PTH の推移 (単位 pg/mL)

淨し止血を確認した後にドレーンを留置し、頸部手術を終了した。また摘出した左下副甲状腺を細切し右前腕に30か所移植した後に閉創した。術中に intact PTH モニタリングを施行し、術直前値 1,010 pg/mL, 1 腺目 (左上) 摘出後値 863 pg/mL, 2 腺目 (左下) 摘出後値 799 pg/mL, 3 腺目 (右上) 摘出後値 563 pg/mL, 4 腺目 (右下) 摘出後値 135 pg/mL, 4 腺摘出 10 分後値 103 pg/mL, 4 腺摘出 20 分後 74 pg/mL であった。4 腺摘出 20 分後の intact PTH 値は前値の 7.3% であり、すべての病的副甲状腺が摘出できたと判断し手術を終了した。intact PTH 値の推移を示す(図 4)。摘出した病的副甲状腺を図 5 に示す。

なお、測定機器は東ソー株式会社 AIA-360[®], 測定

試薬はインタクト PTH 免疫試薬を用いて蛍光酵素免疫測定法で測定した。

手術翌日の intact PTH 値は 8 pg/mL であった。また病理組織検査では左上・左下・右上の摘出腺は副甲状腺過形成を示しており、右下の摘出腺はリンパ節であった。左右の胸腺は脂肪組織が主であり、一部に高度萎縮性の胸腺実質組織が認められた(病理組織学的診断は right upper gland and left upper and lower gland: Compatible with secondary hyperparathyroidism, right lower gland: Only lymph nodes found in the sample, Thymus tissue with atrophy)。

術翌日の採血では血清アルブミン 3.3 g/dL, 血清カルシウム 8.0 mg/dL, 血清リン 3.2 mg/dL であり、炭

図5 摘出腺

※病理組織学的検査では、右下摘出腺はリンパ節であった。

酸カルシウムおよびカルシトリオールを用いて血清カルシウム、血清リンの補正を開始した。その後の術後経過は良好であり5月下旬に退院となった。

II. 考 察

維持血液透析患者の合併症は虚血性疾患、代謝性疾患、感染症などから整形外科疾患、皮膚疾患など多岐に亘る。これらの合併症の中で、CKD-MBDは血液透析患者における生命予後の独立した危険因子であるともいわれており⁴⁾、重要な合併症の一つとしてあげられる。カルシウムおよびリンの恒常性は主に腎機能によって保たれている。腎機能低下の進行によりリン排泄が障害され高リン血症を生じ、また活性型ビタミンDの産生低下や、腸管からの吸収障害も重なり低カルシウム血症をきたす。この状態を補うためPTH分泌が亢進し、副甲状腺の過形成を招き、二次性副甲状腺機能亢進症へと進展する。このようなミネラル代謝異常は線維性骨炎や骨軟化症といった骨病変だけでなく、軟部組織への異所性石灰化も招く。現在では、これらの全身性の病態をCKD-MBDと捉えられている。特に血管石灰化を含む軟部組織への石灰化は生命予後に多大な影響を及ぼすことが知られている⁵⁾。Goodmanら⁶⁾によれば、若年者であっても血液透析患者においては冠動脈石灰化が進行しているとしており、血管石灰化は重要な問題である。これらのことからCKD-MBDを管理することは血液透析患者の生命予後改善に対し重要な意義を持つと考えられる。

CKD-MBDの中でも二次性副甲状腺機能亢進症は頻度が高く、これに対する治療の第一選択として、炭酸カルシウム、ビタミンD製剤、塩酸セベラマーなど

を用いた内科的治療が従来から行われており、近年では炭酸ランタンやシナカルセト塩酸塩も用いられている。特にシナカルセト塩酸塩は優れたPTH抑制作用を有している薬剤である⁷⁾。結節性過形成に至ったような重度の二次性副甲状腺機能亢進症にも有効であるという報告⁸⁾や、上述したようなCKD-MBDにおける重要な問題である血管石灰化の改善に有用であるとの報告⁹⁾もみられており、CKD-MBDの管理を行う上で有力な治療選択肢と考えられる。

血清リン値やカルシウム値を継続的に管理することで生命予後の改善に繋がる¹⁰⁾ため上述の薬剤を用いて内科的治療を行っていくが、しかしながらこれらの薬剤を駆使してもなお血清カルシウム値・リン値・intact PTH値の管理が困難となることも認められ、その際には副甲状腺摘出術(PTx)が適応となる。2012年に示された日本透析医学会のガイドラインによれば、内科的治療に抵抗する高度の二次性副甲状腺機能亢進症で、intact PTH値が500 pg/mLを超える場合にPTxの適応となるとされている¹¹⁾。PTx施行後には血清カルシウムおよびリン値を目標値内で管理できる確率が高まり¹²⁾、また血管石灰化の改善にも有効であるともいわれており¹³⁾、内科的治療に抵抗性を示した症例ではPTxは積極的に検討すべき治療法であろう。本例では、前医での内科的治療で抵抗性を示しておりかつintact PTH値が778 pg/mLであったため、PTxの適応と判断した。この手術の難しさは反回神経損傷の危険性などの解剖学的な点とともに、病的副甲状腺をもなく摘出することが必要とされる点である¹⁴⁾。PTxの手術手順として、まず甲状腺左葉上極付近に存在する左上副甲状腺を検索し摘出する。次に左甲状腺下極付近を検索し左下副甲状腺を摘出する。左側を終了した後に同様の手順で右側副甲状腺の検索、切除を行う。4腺の副甲状腺が確認切除できなかった場合であるが、上副甲状腺に関しては甲状腺上極のさらに上方や甲状腺と気管の間、甲状腺内(甲状腺内完全埋没腺)などを追加検索し、それでも発見できなければ断念する。下副甲状腺は上の腺と比べ存在する範囲が広いとされており、胸腺、旁気管・旁食道脂肪組織内、頸動脈鞘内、頸動脈分岐部付近、甲状腺と気管の間、甲状腺内(甲状腺内完全埋没腺)などを追加検索し、発見できなければ断念するとされている¹⁵⁾。

原発性副甲状腺機能亢進症と異なり、透析患者では慢性腎不全の病態は続き透析治療は継続するため二次性副甲状腺機能亢進症再発の危険性が高く、完全摘出の必要性はさらに増すものと考えられる。そのためには術前の局在診断の正確性が求められる。近年では

CT, エコー, MIBG シンチグラフィーといった画像診断の進歩に伴い病的副甲状腺のより正確な局在診断が可能となった。しかし甲状腺内に埋没した異所性副甲状腺などもあり、すべての病的副甲状腺を完全に同定し摘出することは容易ではなく、残存する病的副甲状腺による二次性副甲状腺機能亢進症の持続やこれに対する再手術が行われることもある¹⁶⁾。そのため病的副甲状腺の完全摘出の指標として術中 intact PTH モニタリングが用いられる。Intact PTH は分子量が約 8,500 で 84 個のアミノ酸からなるホルモンであり、血中半減期は約 4 分とされる¹⁷⁾。1988 年に Nussbaum ら¹⁸⁾によって術中 intact PTH 測定が報告された。その後、新たな測定法の開発や測定時間の短縮が図られ^{19,20)}、術中 intact PTH モニタリングの有用性が報告されるようになった³⁾。

本例は長期透析患者であり二次性副甲状腺機能亢進症再発の危険性も高いと考えられるため、病的副甲状腺を完全摘出すべく PTx の際に術中 intact PTH モニタリングを行うこととした。Intact PTH の半減期は前述のように約 4 分と短く、術中に病的副甲状腺が摘出されればこれに伴い血中 intact PTH 濃度の急速な低下がみられることから、術中 intact PTH モニタリングを行うことで病的副甲状腺摘出の成否をより正確かつ迅速に判断することが可能となる。二次性副甲状腺機能亢進症における PTx の際に、病的副甲状腺の完全摘出と判断する術中 intact PTH 値の cut off 値について、平光ら¹⁴⁾によれば「全腺摘出 10 分後の採血で、摘出前の 30% 以下に低下すれば全腺摘出とする」とされており、Seehofer ら²¹⁾は「全腺摘出 15 分後の採血で intact PTH 値が 150 pg/mL 以下、もしくは、150 pg/mL 以下に低下しない場合には術前値の 30% 以下で術翌日の intact PTH 値が基準範囲内にまで低下した際に全副甲状腺が摘出されたと定義すると診断率は 94.8%であった」としており、病的副甲状腺完全摘出と判断する術中 intact PTH 値の cut off 値に関しては未だ明確な基準は確定されていない。本例では上述の手術手順に則り 4 腺の副甲状腺を摘出したという外科的な判断に加え、本例での術直前 intact PTH 値は 1,010 pg/mL、4 腺摘出 10 分後値 103 pg/mL、4 腺摘出 20 分後値 74 pg/mL で平光らや Seehofer らの cut off 値も満たしていたため、すべての病的副甲状腺摘出に至ったものと術中に判断した。後日、病理組織検査結果により 4 腺目の摘出腺は胸腺であったことが判明し、このことから本例では 3 腺摘出の時点で完全摘出に至っていたものと推測される (3 腺目摘出 10 分後および 20 分後の採血は施行できていないが、われわれの

測定値の中では 4 腺目摘出後値 135 pg/mL がこれらに近しい数値と思われる)。外科的な判断と病理組織検査結果との間に差異が生じたものの術翌日の intact PTH 値が 8 pg/mL であることから病的副甲状腺は完全摘出できたと考えられる。つまりこの症例を通して、病的副甲状腺が 3 腺であっても術中 intact PTH モニタリングを行うことで術中に病的副甲状腺完全摘出と判断することができれば、4 腺目の病的副甲状腺を発見できない場合でも手術を終了することができる可能性を示唆しているといえる。そしてこのことは、手術時間の短縮や手術操作範囲の拡大防止といったような手術の低侵襲化にも繋がるものであろう。

本例のように副甲状腺が 3 腺である場合や異所性副甲状腺などにより副甲状腺が 5 腺以上存在することもあるため^{22,23)}、外科的な判断に加えて術中 intact PTH モニタリングを組み合わせることで PTx における病的副甲状腺摘出の成否の判断はさらに正確性を増すものと思われる。しかし他方では、手術操作による一過性の血流遮断などにより一時的な intact PTH 値の低下を示す可能性や、反対に手術操作により副甲状腺を刺激し一時的な intact PTH 値の上昇を示す可能性も指摘されており²⁴⁾、病的副甲状腺完全摘出の成否を判断する際に術中 intact PTH モニタリングに依存しすぎると、病的副甲状腺を残存させる可能性があるため注意が必要である。

結 語

術中 intact PTH モニタリングは、二次性副甲状腺機能亢進症に対する PTx において、病的副甲状腺完全摘出の成否を迅速に判断する際の非常に有用な検査法の一つであり、また従来から行われている画像診断や術中所見などと併せることでより正確な病的副甲状腺摘出に繋がるものと考えられる。

文献

- 1) 中井滋, 尾形聡, 木全直樹, 他. 図説 わが国の慢性透析療法の実況 (2010 年 12 月 31 日現在). 透析会誌 2012; 45: 1-47.
- 2) Block GA, Klassen PS, Lazarus JM, et al. Mineral metabolism, mortality, and morbidity in maintenance hemodialysis. J Am Soc Nephrol 2004; 15: 2208-18.
- 3) Irvin GL, Dembrow VD, Prudhomme DL. Clinical usefulness of an intraoperative "quick parathyroid hormone" assay. Surgery 1993; 114: 1019-23.
- 4) Block GA, Hulbert-Shearon TE, Levin NW, Port FK. Association of serum phosphorus and calcium $\times$ phos-

- phate product with mortality risk in chronic hemodialysis patients: a national study. *Am J Kidney Dis* 1998; 13: 607-17.
- 5) Moe S, Drüeke T, Cunningham J, et al. Definition, evaluation, and classification of renal osteodystrophy: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int* 2006; 69: 1945-53.
 - 6) Goodman WG, Goldin J, Kuizon BD, et al. Coronary-artery calcification in young adults with end-stage renal disease who are undergoing dialysis. *N Engl J Med* 2000; 342: 1478-83.
 - 7) Fukagawa M, Yumita S, Akizawa T, et al. Cinacalcet (KRN1493) effectively decrease the serum intact PTH level with favorable control of the serum phosphorus and calcium levels in Japanese dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 328-35.
 - 8) Kakuta T, Tanaka R, Kanai G, et al. Can cinacalcet replace parathyroid intervention in severe secondary hyperparathyroidism?. *Ther Apher Dial* 2009; 13 (Suppl. 1): S20-S7.
 - 9) Raggi P, Chertow GM, Torres PU, et al. ADVANCE Study Group: The ADVANCE study: a randomized study to evaluate the effects of cinacalcet plus low-dose vitamin D on vascular calcification in patients on hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 1327-39.
 - 10) Taniguchi M, Fukagawa M, Fujii N, et al. Serum phosphate and calcium should be primarily and consistently controlled in prevalent hemodialysis patients. *Ther Apher Dial* 2013; 17: 221-8.
 - 11) 日本透析医学会. 「慢性腎臓病に伴う骨・ミネラル代謝異常の診療ガイドライン」. *透析会誌* 2012; 45: 301-56.
 - 12) Fukagawa M, Komada H, Onishi Y, et al. Mineral metabolism management in hemodialysis patients with secondary hyperparathyroidism in Japan, baseline data from the MBD-5D. *Am J Nephrol* 2011; 33: 427-37.
 - 13) Bleyer AJ, Burkart J, Piazza M, et al. Changes in cardiovascular calcification after parathyroidectomy in patients with ESRD. *Am J Kidney Dis* 2005; 46: 464-9.
 - 14) 平光高久, 富永芳博. 術中 intact PTH モニタリングの有用性. *日内分泌・甲状腺外会誌* 2012; 29: 198-200.
 - 15) 日本内分泌外科学会編集. 改訂版 内分泌外科標準手術アトラス. 京都: インターメルク, 2003; 185-94.
 - 16) Vojvodich SM, Lampe HB. Imaging and surgery in hyperparathyroidism: a 10-year review. *J Otolaryngol* 1996; 25: 126-9.
 - 17) 稲葉雅章, 森井浩世. 副甲状腺ホルモン. *ホルモンと臨* 増刊号 1998; 46: 196-203.
 - 18) Nussbaum SR, Thompson AR, Hutcheson KA, et al. Intraoperative measurement of parathyroid hormone in the surgical management of hyperparathyroidism. *Surgery* 1988; 104: 1121-7.
 - 19) Klee GG, Preissner CM, Schryver PG, et al. Multisite immunochemiluminometric assay for simultaneously measuring whole-molecule and amino-terminal fragments of human parathyrin. *Clin Chem* 1992; 38: 628-35.
 - 20) Kao PC, van heerden JA, Taylor RL. Intraoperative monitoring of parathyroid procedures by a 15-minutes parathyroid hormone immune-chemiluminometric assay. *Mayo Clin Proc* 1994; 69: 532-7.
 - 21) Seehofer D, Rayes N, Klupp J, et al. Predictive value of intact parathyroid hormone measurement during surgery for renal hyperparathyroidism. *Langenbecks Arch Surg* 2005; 390: 222-9.
 - 22) Numano M, Tominaga Y, Uchida K, et al. Surgical significance of supernumerary parathyroid glands in renal hyperparathyroidism. *World J Surg* 1998; 22: 1098-103.
 - 23) Hibi K, Tominaga Y, Uchida K, et al. Cases with fewer than four parathyroid glands in patients with renal hyperparathyroidism at initial parathyroidectomy. *World J Surg* 2001; 26: 314-7.
 - 24) 佐々木裕三, 高見博, 池田佳史, 他. 原発性副甲状腺機能亢進症の副甲状腺摘出術に対する術中迅速 intact PTH assay の有用性. *日外科系連会誌* 2002; 27: 16-9.