

■ 症例報告 ■

小児腎血管性高血圧における経皮的腎動脈形成術による患側腎のリバースリモデリング

山岡 大志郎¹, 藤井 隆成², 長岡 孝太², 清水 武², 大山 伸雄², 喜瀬 広亮², 阿部 祥英¹, 櫻井 俊輔³, 宮原 義典², 富田 英²

Morphological and functional reverse remodeling of the affected kidney after percutaneous transluminal angioplasty in a child with renovascular hypertension

Daishiro Yamaoka¹, Takanari Fujii², Kota Nagaoka², Takeshi Shimizu², Nobuo Oyama², Hiroaki Kise², Atsutoshi Shiratori¹, Shunsuke Sakurai³, Yoshinori Miyahara², and Hideshi Tomita²

doi: 10.20599/jcic.6.5

■ 要 約 ■ 腎血管性高血圧症および患側腎萎縮を伴った限局性の高度腎動脈狭窄に対し、経皮的腎動脈形成術が著効した1歳男児例を経験した。右腎動脈は最狭窄部径0.4mm（参照血管径2.0mm）と高度に狭窄し、患側腎は萎縮と機能低下を認めていた。高血圧は難治性で降圧薬の効果は不十分であった。SHIDEN 2mm/2cm（カネカメディックス、大阪）を用いて経皮的腎動脈形成術を施行、7ヶ月後に狭窄部の形態は正常化、1年2ヶ月後に降圧薬も中止でき、加えて患側腎の萎縮・機能とも改善した。小児の腎血管性高血圧症は成人と比較して経皮的腎動脈形成術の効果が乏しいとされる。本症例は、患側腎萎縮を伴った高度腎動脈狭窄であったが、経皮的腎動脈形成術により、腎血管性高血圧のみならず、患側腎の形態的、機能的なリバースリモデリングが観察しえた点で、非常に貴重な報告である。

■ Abstract ■ We successfully performed percutaneous transluminal angioplasty (PTRA) to treat renovascular hypertension with renal atrophy in a one-year-old infant. He had a severe right renal artery stenosis, the narrowest diameter was 0.4mm (the normal diameter proximal to the stenosis was 2.0mm), associated with a right renal atrophy and dysfunction in the affected kidney. The renovascular hypertension was refractory to multiple antihypertensive drugs introduction. We performed PTRA using SHIDEN 2mm/2cm (KANEKA MEDIX, Osaka). The stenosis completely disappeared at seven months after PTRA. The blood pressure decreased gradually and have been maintained normal range without antihypertensive drugs at 14 months after PTRA. The improvement of the right renal atrophy and dysfunction was also identified, the size of the affected kidney was normalized at 31 months of follow-up. In children, PTRA has been reported less effective than in adults. Meanwhile, there was no previous report which described the efficacy of PTRA in infants who have severe stenosis associated with renal atrophy and dysfunction. This is the first report of morphological and functional reverse remodeling of the affected kidney, beside improvement of blood pressure, by PTRA.

■ Key words ■ Renovascular hypertension, renal artery stenosis, renal atrophy, percutaneous transluminal angioplasty, children

緒 言

腎血管性高血圧症は小児二次性高血圧の5–10%を占める¹⁻³⁾。小児の腎血管性高血圧症では経皮的腎動脈形成術

が第一選択とされるが、治療効果は成人と比較し低いことが報告されている⁴⁻⁶⁾。2歳未満の症例報告は少なく、低年齢ほど手技の成功率が低いと報告されているが、近年手技やデバイスの進歩により成功例も増えてきている⁷⁻¹⁵⁾。

¹昭和大学医学部小児科学講座

²昭和大学病院小児循環器・成人先天性心疾患センター

³東京衛生アドベンチスト病院小児科

¹Showa University School of Medicine, Department of Pediatric

²Pediatric Heart Disease and Adult Congenital Heart Disease Center, Showa University Hospital

³Tokyo Adventist Hospital, Department of Pediatric

Received February 18, 2021; Accepted May 10, 2021

しかし、患側の腎萎縮を呈するような小児例で、狭窄部の拡大や高血圧の改善のみならず、腎萎縮や腎機能の改善が観察された報告はない。今回、患側腎萎縮を合併した高度腎動脈狭窄の1歳男児例で、経皮的腎動脈形成術により、高血圧のみならず、患側腎の形態的、機能的な改善が観察された症例を経験したので報告する。

症 例

症例は1歳0カ月の男児。上気道感染と脱水のため入院した。身長は73.0cm (-0.8 SD)、体重は7.3kg (罹患前の体重は7.8kg, -1.3 SD)。体温は37.0°C、血圧(収縮期/拡張期)は116/68mmHg (>99th percentile)、心拍数124回/分、呼吸数42回/分であった。輸液による脱水の治療経

過中に血圧が160/78mmHgまで上昇した。血液検査でレニン活性が66.6ng/mL/hr (正常値: 0.2-3.9ng/mL/hr)、血漿アルドステロンが1112pg/mL (正常値: 35.7-240.0pg/mL)と高値であった。代謝性アシドーシス、低ナトリウム血症、低カリウム血症を認め、日限らが高ナトリウム性高血圧症候群として報告している¹⁶⁾。心電図は左側胸部誘導の高いR波(RV₅ 4.2mV, RV₆ 2.5mV)など左室肥大パターンを示し、左室心筋重量係数は112mg/m²と上昇しており左室肥大を認めた。造影CTで腎臓径(長径/短径)はそれぞれ右腎4.8cm/2.0cm、左腎6.0cm/3.1cmと右腎の萎縮を認め、右腎動脈近位部は狭小化、右腎の造影効果は低下しており、右腎動脈狭窄が疑われた(Fig. 1)。また胸部から骨盤までの範囲に右腎動脈以外に狭窄所見はなく、頭部MRA

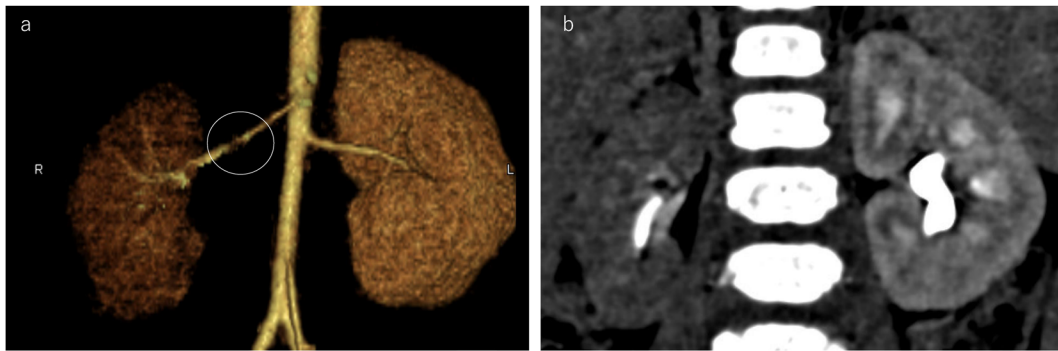


Fig. 1 Computed tomography: a) The right renal artery shows significant narrowing. b) The right kidney was atrophied

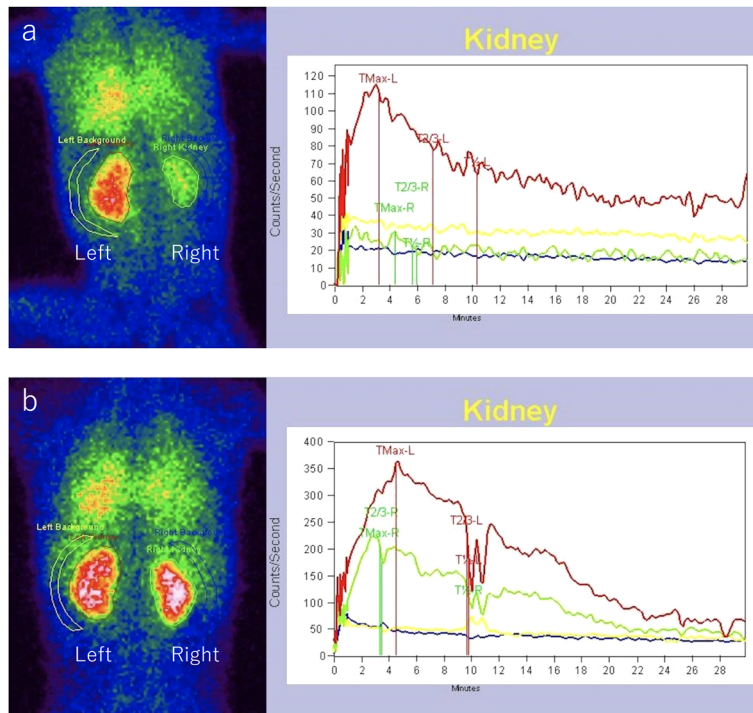


Fig. 2 ^{99m}Tc-DTPA Diuretic renography: a) Diuretic renography before PTRAs showed a significant dysfunction of the right kidney. b) It was improved at one year follow-up

でも血管病変は認めなかった。 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ シンチグラムでは患側腎の最大取り込み時間 (T max) における核種カウント数が健側腎の約30%に低下していた (Fig. 2a). 確定診断のため選択的血管造影を行い, 右腎動脈造影で後述と同様の狭窄を認め, 右腎動脈狭窄による腎血管性高血圧症と診断した. 血管炎や左室肥大以外の心血管病変や特異的な顔貌, 皮膚所見の異常はなく, 数珠状狭窄を認めたことから, 線維筋性異形成と診断した. 降圧目的でニカルジピンの持続静注を行い, 段階的に降圧薬の内服を開始し, カルベジロール0.4mg/kg/日, ドキサゾシン0.05mg/kg/日, アムロジピン1.0mg/kg/日の3剤を併用したが, 収縮期血圧は110から130mmHgで推移した. 左室肥大, 患側腎の萎縮も認め, 病変の形態が限局性の狭窄でバルーン血管形成術の有効性が期待されたため, 保護者から文書で同意を得て, 経皮的腎動脈形成術を施行する方針とした.

入院65日目 (1歳2ヶ月) に全身麻酔下で経皮的腎動脈形成術を行った. 右大腿静脈, 右大腿動脈にそれぞれ4Fのシースを留置した. 右大腿動脈から0.035インチラジフォーカス[®]ガイドワイヤー (テルモ, 東京) と4F右ジャドキンスカテーテル (ガデリウスメディカル, 東京) で左右腎静脈にアプローチした. 選択的腎静脈レニンサンプリングを行い, 左右腎静脈のレニン活性はそれぞれ56.7ng/mL/hr, 52.5ng/mL/hrであった. その後右大腿動脈

から0.035インチラジフォーカス[®]ガイドワイヤー (テルモ, 東京) と4F右ジャドキンスカテーテル (ガデリウスメディカル, 東京) で右腎動脈にアプローチし, 選択的腎動脈造影を行った. 右腎動脈の下行大動脈腎動脈分岐部から12mmの部位に局限した, 最狭窄部径0.4mm (参照血管径2.0mm) の数珠状狭窄を認めた (Fig. 3a). 0.035インチラジフォーカス[®]ガイドワイヤーを右腎下極に挿入し, シースの先端を右ジャドキンス型に形成した4Fメデキットスーパーシース30cm (メデキット, 東京) を右腎動脈入口部まで挿入した. 4F右ジャドキンスカテーテルをガイディングカテーテルとし, 0.016インチラジフォーカス[®]GTワイヤー (テルモ, 東京) と2.6Fトランジット[®]マイクロカテーテル (Johnson & Johnson Cordis, Miami, FL, USA) を腎下極に挿入した. ガイドワイヤーを0.014インチAguru[™]180cm (Boston Scientific, Marlborough, MA, USA) に交換し, SHIDEN[®]2mm/2cm (カネカメディックス, 大阪) を用いてバルーン血管形成術を行った. 8気圧で40秒間の拡大後, わずかにウエストが残ったため6気圧で20秒間の追加拡大をし, 最狭窄部は良好に拡張された (Fig. 3b). 腎動脈の血栓症や解離, 瘤形成などの合併症は認めなかった. 術中のヘパリン投与量は合計1200単位 (150単位/kg) であった. 腹部超音波検査でも右腎動脈の血流パターンが改善した. 治療直後には一時的な血

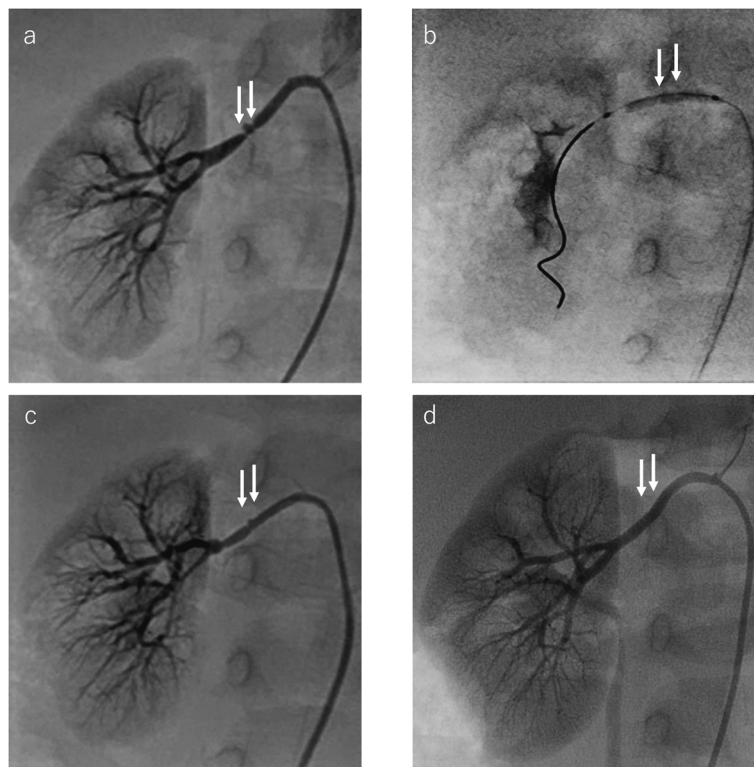


Fig. 3 Selective renal angiography: a) Preoperative angiography showed the discrete severe renal artery stenosis located at proximal two-thirds of main trunk. b) Balloon dilation was performed with the guide wire inserted into right lower pole renal artery. c) The stenosis was effectively dilated after balloon dilation. d) The stenosis completely disappeared at seven months follow-up

Table 1 Progress of pre- and post-operative evaluation value

Date from PTRA	pre	post 1 week	post 1 month	post 1 year	post 2 years	post 2.6 years
Blood pressure (systolic/diastolic) (mmHg)	124/58	138/62	102/49	112/62	106/63	110/65
Plasma renin activity (ng/mL/hr)	42.4	97.2	19.3	2.7	4.9	1.2
Plasma aldosterone level (pg/mL)	3142	3942	2189	91.9	80.2	32.1
Kidney length (Right/Left) (cm)	4.7/6.0	—	—	6.2/6.4	6.3/6.9	6.8/7.0
($\pm 2SD$ range by age)* (cm)	(5.6–7.7)	—	—	(6.3–8.4)	(6.1–8.6)	(6.1–8.6)

PTRA: Percutaneous transluminal renal angioplasty.* Rosenbaum DM, Korngold E, Teele RL, et al. Sonographic assessment of renal length in normal children. AJR Am J Roentgenol. 1984; 142: 467–469

圧上昇があり、降圧薬は継続したまま退院とした。術後6ヶ月にはレニン活性、血漿アルドステロンの値は正常範囲内まで改善し、降圧薬は漸減可能で、術後14カ月に中止とした (Fig. 4)。術後7ヶ月に行った血管造影では、狭窄部は正常化しており、Tc-DTPAシンチグラムでは患側腎のT maxにおける核種カウント数が健側腎の約60%まで改善した (Fig. 2b, Fig. 3c)。さらに、患側腎の長径は治療前4.7cm (平均値6.7cm, ± 2 SD範囲5.6–7.7cm) で、術後31ヶ月の時点で6.8cm (平均値7.4cm, ± 2 SD範囲6.1–8.6cm) と正常域まで改善した (Table 1)¹⁷⁾。心電図の左室肥大パターンは消失し、超音波検査で左室心筋重量係数63.2mg/m²であり左室肥大が改善した。術後35ヶ月の時点で105/60mmHg (<90th percentile) と内服薬なしで正常血圧が維持された。

考 察

小児の二次性高血圧症のうち腎血管性高血圧症は5–10%を占める^{1–3)}。原因として線維筋性異形成が70%と最も多く、その他に高安病、神経線維腫症、結節性多発性動脈炎、川崎病、Williams症候群、もやもや病などがある⁶⁾。小児の腎血管性高血圧症は無症状で偶発的に発見される割合が26–70%と最も多く、安静時の血圧測定が困難な場合や定期的に血圧測定を受ける機会も少ないことから診断が遅れやすい^{3, 4)}。

診断にはCT検査が最も汎用されており検査に要する時間が短く、特にmultidetector CTの普及により感度は91–92%、特異度は99%まで向上している。しかしながらCT検査では描出困難な病変が存在することや本症例のように狭窄が疑われるが詳細な部位や狭窄率の判断が困難な場合もあり、空間分解能の観点から、選択的血管造影検査が診断確定および、治療方針決定に際して最も重要である⁶⁾。

成人の腎血管性高血圧症では血行動態的に有意な狭窄を有し、かつ、(1)線維筋性異形成、(2)治療抵抗性高血圧、(3)増悪する高血圧・悪性高血圧、(4)原因不明または繰り返す肺水腫・心不全、(5)両側性または片腎での腎動脈狭窄で経皮的腎動脈形成術の適応があるとされている¹⁸⁾。中年に多い粥状動脈硬化性に対してはステント

留置術、若年者に多い線維筋異形成ではバルーン血管形成術が第一選択とされる¹⁸⁾。線維筋性異形成に対し経皮的血管形成術を行った47報告、計1426人(8例ステント留置術含む)を対象としたメタ解析では、86%に降圧効果を認め、46%が降圧薬を中止できたと報告している¹⁹⁾。また線維筋性異形成では、若年者や高血圧罹患歴が短いほど経皮的血管形成術の治療効果が高いことが報告されている¹⁹⁾。

小児の腎血管性高血圧症では可能な限りカテーテル治療や外科的腎血行再建術での根治が目標とされ、バルーン血管形成術が第一選択とされている⁶⁾。小児の腎動脈狭窄症に対してもステント留置術の報告は存在するが、再狭窄率は30–37%とバルーン血管形成術の7–17%と比較して高く、ステント耐用性の問題や長期にわたる抗血小板薬内服の必要性、成長に伴う血管への影響を考慮する必要がある、一般的には推奨されていない^{5, 6, 20)}。

小児のバルーン血管形成術は片側性、主腎動脈のみに局限している長さ10mm未満の病変で最も効果があるとされている²¹⁾。小児の腎血管性高血圧症に対するバルーン血管形成術の降圧効果は、53–73%、降圧薬を中止できる割合は13–38%と上述した成人のバルーン拡張術と比較して低い傾向にある^{22–24)}。小児においても、乳幼児、特に2歳未満での経皮的腎動脈形成術の報告は少なく、過去に報告された症例はTable 2に示した14例のみであった^{7–15, 25–27)}。そのうち、手技が成功した症例は10例(バルーン血管形成術9例、Dotter法1例)で、うち、降圧効果を認めたのは9例、降圧薬を完全に中止できたのは6例であった。小児では腹部大動脈の径が小さいことに加え、腎動脈の分岐の角度が急であるため低年齢であるほどアプローチが難しく、手技の成功率は1歳未満で0%、2歳未満で33%とする報告もある⁹⁾。Millianらはバルーンカテーテルが通過困難な15ヶ月の症例に対し、狭窄部に小径のカテーテルから順次カテーテルをサイズアップして拡大をえるDotter法で血管拡張を行った症例を1985年に報告しているが、血圧の改善には至っていない²⁵⁾。近年では新生児を含む1歳未満でのバルーン血管形成術の成功率が複数報告されており、その中で瀧間らは大腿動脈からのアプローチが困難であった5ヶ月の症例に対し頸動脈からアプローチをするこ

Table 2 Outcome of renal artery angioplasty for renovascular hypertension under 2 years old

	Age	Weight	Aetiology	Uni/bilateral	Lesion	Approach	Balloon size	Technical success	Outcome	Follow up
Stanley (1983)	22 months	12.8 kg	Unknown	Unilateral	left main	left femoral	4.0×15 mm	Success	Cured	5 months
Millan (1985)	15 months	—	FMD	Unilateral	right main	—	Dotter procedure using a 6F angiographic catheter	Success	no change	—
Watson (1985)	15 months	—	Takayasu disease	Bilateral	right proximal main left proximal	femoral	—	Failed	Failed	4 years
Patterson (1990)	11 months	—	FMD	Unilateral	left main	—	—	Failed	Failed	4 months
Courtell (1998)	12 months	—	Williams syndrome	Bilateral	—	—	—	Failed	Failed	4 days
Lee (1999)	17 months	—	FMD	Unilateral	—	—	—	Success	Cured	12 months
Estepa (2001)	22 months	—	FMD	Unilateral	—	—	—	Failed	Failed	—
Lee (2001)	9 months	7.1 kg	FMD	Unilateral	right main	—	2.0 × 15 mm	Success	Cured	—
Estepa (2001)	11 months	—	FMD	Bilateral	—	—	—	Success	Improved	24 months
Takigiku (2002)	5 months	5.6 kg	FMD	Unilateral	reft main	right carotid	1.5, 2.0, 2.5 mm	Success	Cured	8 months
Shinohara (2004)	5 months	3.1 kg	Neuroblastoma	contralateral kidney with two renal arteries both with stenosis	two left	femoral	2.0×15 mm	Success	Improved	14 months
Daehnert (2005)	5 days	4.0 kg	FMD	Unilateral	right main	right femoral	2.0×10 mm	Success	Cured	6 months
Day (2001)	11 months	—	FMD	Unilateral	right main	left femoral	3.5×9 mm	Success	Cured	9 years
Guo (2017)	18 months	—	MMD	Bilateral	right main left upper pole artery	right femoral	2×15 mm, 3.5×15 mm	Success	Improved	12 months

FMD : fibromuscular dysplasia, MMD : Moyamoya disease, Cured : with normal BP on no antihypertensive treatment, Improved : improved BP with same or reduced treatment

とで成功している¹¹⁾。治療器具の進歩やアプローチの工夫で乳幼児での経皮的腎動脈形成術の適応も拡大される可能性がある。

一方、患側の腎萎縮を合併する乳幼児の腎動脈狭窄例に関して、本症例のように狭窄解除後に萎縮腎の形態的、機能的な改善が観察された報告は過去にない。本症例では治療直後に病変の有効な拡大が得られていたが、降圧効果が得られたのは2週間程度経過してからであった。また、遠隔期に降圧効果が得られたのと並行して、萎縮腎の形態的、機能的な回復が見られた。経皮的腎動脈形成術の効果が遠隔期に萎縮腎のリバースリモデリングとして観察された点で、極めて貴重で興味深い。腎動脈狭窄症では、患側腎の血流障害、長期間の高血圧、サイトカインの放出などが原因で腎実質が損傷され、患側腎の腎機能低下、腎萎縮が生じると考えられている²⁸⁾。腎動脈狭窄に伴う腎機能の低下は損傷の程度により可逆的な変化をする可能性があることが報告されている²⁹⁾。一方で、萎縮腎は糸球体硬化、線維化が進行した、不可逆的な状態であると考えられている³⁰⁾。しかしながら成人の軽度から中等度の萎縮腎を伴う線維筋性異形成、神経線維腫症1型による腎動脈狭窄の症例を対象とした研究では、狭窄解除後3ヶ月の時点で治療前と比較して腎臓の長径が有意に大きくなり、この変化は若年者でより顕著に見られることが報告されている³¹⁾。萎縮腎がリバースリモデリングした報告はほとんどなく、また萎縮腎の可逆的な変化を組織学的に評価した報告はないが、萎縮腎は狭窄解除後に血流が改善することで、本症例のように可逆的に改善しようと考えられた。本症例では腎動脈狭窄、萎縮腎が生じた時期は不明であり、先天性の低形成腎が血流改善により発育促進を得られた可能性も否定できない。同様の症例における経験の蓄積が必要である。本症例の経験から、乳児期の腎萎縮を合併する高度狭窄例では、積極的な治療介入が予後改善に重要な可能性があると考えられた。

結 語

患側の腎萎縮を認めた乳児の腎血管性高血圧で、経皮的腎動脈形成術により、遠隔期の血圧の改善のみならず患側腎の形態的、機能的なリバースリモデリングが得られた症例を経験した。乳児期の腎萎縮合併例では積極的な治療介入が予後改善に重要な可能性がある。

引用文献

- Gill DG, Mendes de Costa B, Cameron JS, et al: Analysis of 100 children with severe and persistent hypertension. *Arch Dis Child* 1976; 51: 951–956
- Wyszyńska T, Cichocka E, Wieteska-Klimczak A, et al: A single pediatric center experience with 1025 children with hypertension. *Acta Paediatr* 1992; 81: 244–246
- Tullus K, Brennan E, Hamilton G, et al: Renovascular hypertension in children. *Lancet* 2008; 371: 1453–1463
- Villegas L, Cahill AM, Meyers K: Pediatric Renovascular Hypertension: Manifestations and Management. *Indian Pediatr* 2020; 57: 443–451
- Kari JA, Roebuck DJ, McLaren CA, et al: Angioplasty for renovascular hypertension in 78 children. *Arch Dis Child* 2015; 100: 474–478
- 日本腎臓病学会編集：小児腎血管性高血圧症ガイドライン2017。東京，診断と治療社，2017，pp. 2–5, 20–28, 35–39
- Stanley P, Senac MO, Bakody P, et al: Percutaneous transluminal dilatation for renal artery stenosis in a 22-month-old hypertensive girl. *AJR Am J Roentgenol* 1983; 140: 983–984
- Courtell JV, Soto B, Niaudet P, et al: Percutaneous transluminal angioplasty of renal artery stenosis in children. *Pediatr Radiol* 1998; 28: 59–63
- Lee ML, Chaou WT, Wang JK, et al: Percutaneous transluminal angioplasty of renal artery stenosis in a 9-month-old hypertensive girl with congestive heart failure. *Acta Paediatr* 1999; 88: 1165–1167
- Estepa R, Gallego N, Orte L, et al: Renovascular hypertension in children. *Scand J Urol Nephrol* 2001; 35: 388–392
- Takigiku K, Satomi G, Yasukochi S: Successful transluminal angioplasty of renal arterial stenosis using the transcarotid approach. *Cardiol Young* 2002; 12: 589–591
- Shinohara M, Shitara T, Hatakeyama SI, et al: An infant with systemic hypertension, renal artery stenosis, and neuroblastoma. *J Pediatr Surg* 2004; 39: 103–106
- Daehnert I, Hennig B, Scheinert D: Percutaneous transluminal angioplasty for renovascular hypertension in a neonate. *Acta Paediatr* 2005; 94: 1149–1152
- Day E, Stephens S, Rigden SP, et al: Malignant hypertension secondary to renovascular disease during infancy—An unusual cause of failure to thrive. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 3816–3819
- Guo J, Guo L, Zeng G, et al: An infant case of renovascular hypertension in moyamoya disease treated by angioplasty. *Turk J Pediatr* 2018; 60: 331–334
- Hinokuma N, Sakurai S, Shiratori A, et al: A pediatric patient with hyponatremic hypertensive syndrome without persistent hypertension in acute phase: A case report and review of literature. *SAGE Open Med Case Rep* 2020; 8: 1–7
- Rosenbaum DM, Korngold E, Teele RL: Sonographic assessment of renal length in normal children. *AJR Am J Roentgenol* 1984; 142: 467–469
- 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会編集：高血圧症治療ガイドライン2019。東京，日本高血圧学会，2019，pp. 182–185
- Trinquart L, Mounier-Vehier C, Sapoval M, et al: Efficacy of revascularization for renal artery stenosis caused by fibromuscular dysplasia: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension* 2010; 56: 525–532
- Shroff R, Roebuck DJ, Gordon I, et al: Angioplasty for renovascular hypertension in children: 20-year experience. *Pediatrics* 2006; 118: 268–275
- Lobeck IN, Alhajjat AM, Dupree P, et al: The management of pediatric renovascular hypertension: A single center experience

- and review of the literature. *J Pediatr Surg* 2018; 53: 1825–1831
- 22) Chung H, Lee JH, Park E, et al: Long-Term Outcomes of Pediatric Renovascular Hypertension. *Kidney Blood Press Res* 2017; 42: 617–627
- 23) Srinivasan A, Krishnamurthy G, Fontalvo-Herazo L, et al: Angioplasty for renal artery stenosis in pediatric patients: An 11-year retrospective experience. *J Vasc Interv Radiol* 2010; 21: 1672–1680
- 24) Zhu G, He F, Gu Y, et al: Angioplasty for pediatric renovascular hypertension: A 13-year experience. *Diagn Interv Radiol* 2014; 20: 285–292
- 25) Millan VG, McCauley J, Kopelman RI, et al: Percutaneous transluminal renal angioplasty in nonatherosclerotic renovascular hypertension. Long-term results. *Hypertension* 1985; 7: 668–674
- 26) Watson AR, Balfé JW, Hardy BE: Renovascular hypertension in childhood: A changing perspective in management. *J Pediatr* 1985; 106: 366–372
- 27) Patterson LT, Bock GH, Guzzetta PC, et al: Restoration of kidney function after prolonged renal artery occlusion. *Pediatr Nephrol* 1990; 4: 163–165
- 28) Al-Suraih M, Grande JP: Management of renal artery stenosis: What does the experimental evidence tell us? *World J Cardiol* 2014; 6: 855–860
- 29) Cheung CM, Chrysochou C, Shurrah AE, et al: Effects of renal volume and single-kidney glomerular filtration rate on renal functional outcome in atherosclerotic renal artery stenosis. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 1133–1140
- 30) Humphreys BD: Mechanisms of Renal Fibrosis. *Annu Rev Physiol* 2018; 80: 309–326
- 31) Iwasaki T, Mishima E, Suzuki T, et al: Kidney enlargement effect of angioplasty for nonatherosclerotic renovascular disease: Reversibility of ischemic kidney. *Hypertens Res* 2020; 43: 1214–1221