

大腸CTにおける炭酸ガス送気・排気設定の最適化の臨床的検討

Clinical Study of optimum CO₂ Gas Insufflation and Exhaust Method for CT-Colonography Using Automated CO₂ Insufflator

後藤 末成¹⁾, 辻井 克則¹⁾, 西田 真知¹⁾, 島川 和也¹⁾, 田中 直²⁾, 荒木 朋之³⁾

1) 伊賀市立上野総合市民病院 放射線技術課 診療放射線技師

2) 同放射線科 医師 3) 根本杏林堂 営業本部 営業推進課

Key words: CT-Colonography, Automated CO₂ Insufflation and Exhaust Method

[Abstract]

We set a standard of five parameters of CO₂ gas insufflation and exhaust method for CT-Colonography (CTC) using automated insufflator KSC-130 (NemotoKyourindo, Japan). We scored colonic expansion and abdominal pain using five parameters of 173 patients underwent cancer screening by CTC. After setting the highest insufflation and the highest exhaust (insufflation count: 50, exhaust count: 6), colon expanded very well and abdominal pain was the least. We considered that insufflation count: 50, exhaust count: 6 is optimal parameter for CTC.

[要旨]

大腸CT検査における炭酸ガス送気・排気設定最適化の検討を行った。装置は、炭酸ガス送気装置KSC-130(根本杏林堂)を使用した。大腸がんスクリーニングを目的に受診した173例を対象に、5パターンの送気・排気設定で大腸CT検査を施行し、大腸の拡張程度と腹痛の程度をスコア化して比較・検討を行った。炭酸ガス送気装置KSC-130を用いた大腸CT検査において、送気カウント50・排気カウント6に設定することにより、大腸の拡張が最も良好かつ腹痛の訴えが少なく、至適条件と考えられた。

1. はじめに

当院では、2013年9月に大腸CTを導入した。2013年9月4日から2016年7月31日までに約700例の検査を行った。本検査の要点である大腸への送気・拡張手技について、これまで先行施設よりいくつかの検討・提案がなされているが高精度で実施可能な方法は存在せず、施設ごとに試行錯誤しつつ検査が行われているのが実情である¹⁾⁻⁶⁾。

大腸拡張に影響する要因としては①前処置の程度②炭酸ガス送気時の体位変換③炭酸ガス送気装置の送気・排気設定——などが挙げられる。このうち③の条件について、当院では導入当初、比較的高齢で全身状態不良な患者の検査依頼も多く、安全面を重視した設定で検査を行っていた。しかし、この条件では十分な拡張が得られるまでかなりの時間を必要とする症例が多く、また拡張自体も不十分な傾向が見られたこ

とから、設定の最適化の検討が必要と考えられた。

今回われわれは、当院での初期設定から改変した新たな4種類の異なる送気・排気パターンを設定し、初期設定を含めた5パターンの条件ごとに大腸拡張程度の比較を行い、最適な送気・排気条件を検討した。また同時に、被検者の腹痛の有無、程度の評価も行い、侵襲の許容度についても併せて検討を行ったので報告する。

2. 方法

2-1 対象

今回の検討は、平成26年9月から平成27年9月までの期間中に、大腸がんスクリーニングを目的として大腸CTを施行した173例を対象とした。内訳は、男性が61症例、女性が112症例、年齢層は33~89歳で平均年齢は61.0歳であった。これらの症例を、約30症例ごとに区切り、以下に記載する5パターンの送気・排気条件を設定し、それぞれの条件において、ほぼ同数の検査を施行し解析を行った。

2-2 使用装置

CT装置はAquilion64(東芝メディカルシステムズ)、画像解析ワークステーションはZiostation2(ZioSoft)、炭酸ガス送気装置はFig.1に示すKSC-

Tomonari Goto¹⁾, Katsunori Tsujii¹⁾,
Masatomo Nishida¹⁾, Kazuya Shimakawa¹⁾,
Naoshi Tanaka²⁾, Tomoyuki Araki³⁾

1) Department of Radiology, Radiological Technologist, IGA City General Hospital

2) Department of Radiology, Doctor, IGA City General Hospital

3) Sales department, Nemoto Kyourindo co., Ltd.



Fig.1 Overview and control panel of Automated CO₂ insufflator (KSC-130, NemotoKyorindo) for CTC

130 (根本杏林堂) を使用した。送気は、本体付属の専用送気チューブを用いて検査を行った。

2-3 検査手順

検査内容説明後に副交感神経遮断剤（ブスコパンまたはグルカゴン）を筋注し、CT装置の寝台上左側臥位の状態、肛門より送気チューブを挿入した。この条件で炭酸ガス送気装置KSC-130（根本杏林堂）を用いて送気を開始し、注入圧が安定した段階で腹臥位とし、再び注入圧が安定した時点で1体位目の撮影を施行した。次に仰臥位とし、同様に2体位目の撮影を行った。この時点で拡張不良箇所があった場合には、必要に応じて、右側臥位あるいは左側臥位での追加撮影を行った。

2-4 送気・排気設定

今回使用した炭酸ガス送気装置KSC-130（根本杏林堂）は、腸管内圧の上限値設定に加えて、送気カウントと排気カウントの2つのパラメーターによってプログラムが構成されている。このプログラムの設定値は変更可能であるが、現時点ではメーカー側でのみ送気および排気のカウント数の変更が可能となっている。このうち送気カウントとは、既定の送気速度（現行機では3L/min）に達するまでの立ち上がり速度を示すものであり、設定可能範囲は1~50である。排気カウントとは、体動などによる腸管内圧異常を感知した際に一時的または間欠的に排気する炭酸ガス量を示すものであり、設定可能範囲は1~6である。

当院では、安全性を重視して送気カウントを低めに、排気カウントを設定可能最大値とし初期設定を行った（送気7・排気6）。今回の検討では、これに加えて、以下の4パターンを設定し検査を行った（Table 1）。

Table1 Standard of five parameters of CO₂ gas insufflation and exhaust method

	Insufflation count	Exhaust count	Number of cases	Average age
Initial setting	7	6	36	65.02
Pattern ① Nemoto standard	10	6	31	59.03
Pattern ②	50	6	37	60.54
Pattern ③	10	1	36	58.81
Pattern ④	20	3	33	62.42

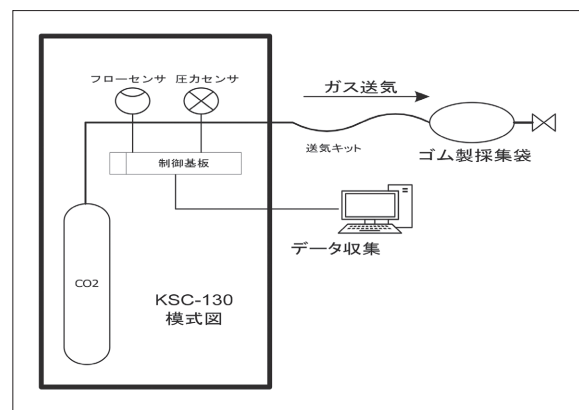


Fig.2 Phantom Method for data collection

パターン①は、KSC-130（根本杏林堂）出荷時初期設定である（送気10・排気6）。パターン②は、送気・排気カウントを、共に設定可能最大値としたものである（送気50・排気6）。パターン③は、排気カウントを極力抑えた設定であり（送気10・排気1）、リミッター到達時の変動がほとんどないのが特徴である。パターン④は、パターン②と③のほぼ中間となるよう設定した（送気20・排気3）。なお、腸管内圧の上限値は文献⁶⁾を参考に検討を行い、全症例において被検者の苦痛が少ないとされる（BMI値-2）mmHgに設定し検査を行った。

また複数の送気・排気パターンを使用して検査を行う場合は、事前に装置の使用範囲の動作状況確認のため、Fig.2に示す通り、メーカーが収集したファントムデータ使用時の圧力設定値などについて差異が生じないことを十分に確認した後、複数の送気パターンにおける検討を行った。ファントムデータの収集方法および結果は、下記に示す通りである。

Fig.3に、腸管内圧上限値：25mmHg、送気速度：3L/min.の条件下において、送気カウントを10およ

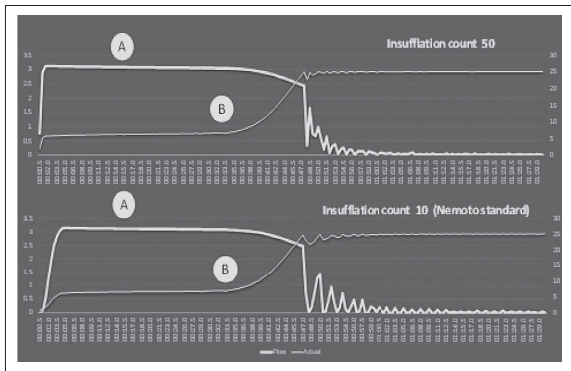
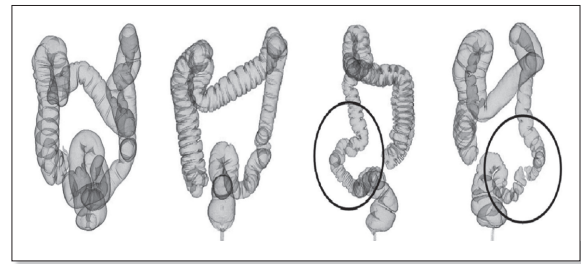


Fig.3 Phantom study for insufflation count 10 and 50, exhaust count 6 (Line A: Flow speed Line B: Actual pressure)

び50, 排気カウントは共に6に設定(本検討におけるパターン①および②に相当)した場合のファントム実験結果を示す。A線は送気速度を示しており, 送気カウントは, 設定速度である3L/min.に達するまでの立ち上がり角度として表れている。B線は腸管内圧を示しており, 設定上限に達した以降では, 排気と送気を繰り返しながら一定圧を維持している状態を示している。送気カウント50の設定では, 送気カウント10の場合に比べて, A線における送気開始後の最初の立ち上がり, 圧リミッター作動後の排気-圧低下後の再送気時の立ち上がりとも鋭くなっている。また腸管内圧を示すB線は, 送気カウント50の設定でより速やかにプラトーに達している。この違いが実際の症例において, 腸管拡張度と痛み度のスコアにどのような変化をもたらすのかを検討を行った。

2-5 画像評価方法

大腸拡張度の画像評価は, 第2体位である仰臥位の画像では, 第1体位の腹臥位撮影時に拡張不足である大腸の部位を体位変換などにより十分に拡張してから撮影を行うため, 大腸への送気・排気設定パターンごとの要素のみによる大腸拡張度評価を行うことが難しいことから, 第1体位である腹臥位の画像を用いて画像評価を行った。大腸を6区分(直腸・S状・下行・横行・上行・盲腸)に分割し, 各症例の6区分それぞれの拡張程度を, 1=十分拡張(Excellent), 2=拡張している(Good), 3=拡張不十分(Fair), 4=拡張不良(Poor)——の4段階に分類し, 拡張度スコアとして点数化した(Fig.4)。評価はCT担当技師3人が個別に行い, 各症例および各部位の評価点数を平均化して比較・解析を行った。



1. Excellent 2. Good 3. Fair 4. Poor

Fig.4 Image for evaluating colonic expansion

2-6 被検者の侵襲性許容度評価方法

新たに作成した4パターンの設定条件で施行した検査において, 撮影終了後, 速やかに腹痛の有無, 程度について被検者に聞き取り調査を行った。1=ほとんど痛みはなかった, 2=多少痛みがあった, 3=非常に痛かった——の3区分で回答してもらい, これを痛み度スコアとして点数化し比較・検討を行った。

3. 結果

当院初期設定および新たに作成した4設定の計5パターンにおける, 大腸の拡張度スコアおよび侵襲性許容度(痛み度スコア)の一覧をTable 2に示す。

大腸拡張度の画像評価は, 当院初期設定(送気7・排気6)が6部位平均で2.31と最もスコアが悪く, パターン②(送気50・排気6)が平均1.91と最も良好な値を示した。同一の送気カウント設定であるパターン①(送気10・排気6)とパターン③(送気10・排気1)の比較では, 平均2.08と平均2.02であり, 拡張度はほぼ同等であった。中庸な設定であるパターン④(送気20・排気3)では, 全体のほぼ中間の値を示した。このように, 拡張度は排気カウント設定にかかわらず,

Table 2 Score of expansion and abdominal pain response from standard of five parameters

Insufflation/Exhaustion	Rectum	Sigmoid	Descending	Transverse	Ascending	Cecum	Average	Pain
Initial setting (7/6)	1.92	2.60	2.52	2.39	2.25	2.19	2.31	
Pattern ① Nemoto standard (10/6)	1.60	2.41	2.25	2.12	2.10	1.99	2.08	1.55
Pattern ② (50/6)	1.49	2.23	2.08	1.83	1.93	1.93	1.91	1.41
Pattern ③ (10/1)	1.69	2.23	2.25	2.17	1.93	1.83	2.02	1.94
Pattern ④ (20/3)	1.62	2.62	2.36	2.17	1.99	1.92	2.11	1.70

送気カウント設定の影響を受ける傾向が確認された。

被検者の侵襲性許容度は、パターン②(送気50・排気6)で平均1.41と最もスコアが低く、パターン③(送気10・排気1)で平均1.94と最も高い値を示した。パターン②と同じく高排気設定であるパターン①(送気10・排気6)においても、平均1.55と良好な値を示した。同一送気設定であるパターン①(送気10・排気6)とパターン③(送気10・排気1)の比較では、平均1.55と平均1.94と、排気設定の低い後者においてスコアがより不良であった。①～③の中庸な設定であるパターン④(送気20・排気3)では、平均1.70と全体のほぼ中間の値を示した。このように、侵襲性許容度における痛みは送気カウント設定にかかわらず、排気カウント設定の影響を受ける傾向が確認された。

4. 考 察

炭酸ガス送気装置には、設定圧力以上にはガスが注入されないような安全機構が備わっている。一般的に、この制御は送気のオン・オフ調節で行われるが、今回われわれが使用したKSC-130(根本杏林堂)では、比例電磁弁と流量センサー・圧力センサーにより、送気の調節に加えて、体動・体位変換などで一時的に腸管内圧が上昇した場合に一定量の排気を行って圧を開放する機構も備えている。さらに送気開始時の立ち上がり速度(送気カウント)と排気時の一回排気量(排気カウント)も一定範囲内の調節が可能である。これにより、送気と排気を繰り返しながら自律的に腸管内圧を一定に保とうとするような動作が行えることが確認できた。これらのことから、実際の症例においても腸管拡張度の違いとして表れていたと考えられる。

また被検者の侵襲性許容度に関しては、排気カウントを高く設定すれば、送気カウントの設定にかかわらず腹痛の訴えは低く抑えられることが判明した。大腸CT検査の開始当初には、送気カウントを高くすれば腹痛の訴えが強くなるのではないかと懸念から低い送気カウントでの検査を行っていたが、本装置の設定可能範囲内においては、送気・排気カウントとも高く設定した場合が、最も拡張が良好で腹痛の訴えも少ない至適条件であると考えられた。

今回の検討中、2症例において、それぞれ異なる条件で再検査を行っていた。うち1例は、初期設定およびパターン④の設定で撮影を行っており、拡張度スコアの平均値はそれぞれ1.55と1.22であった(Fig.5)。もう1例は、初期設定およびパターン②の設定で撮影

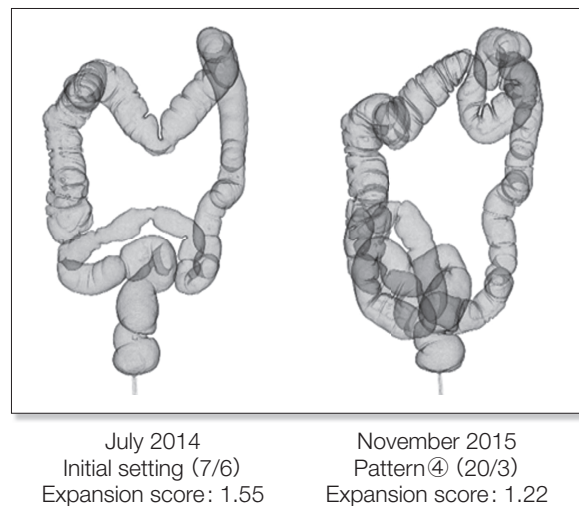


Fig.5 Clinical Case 1

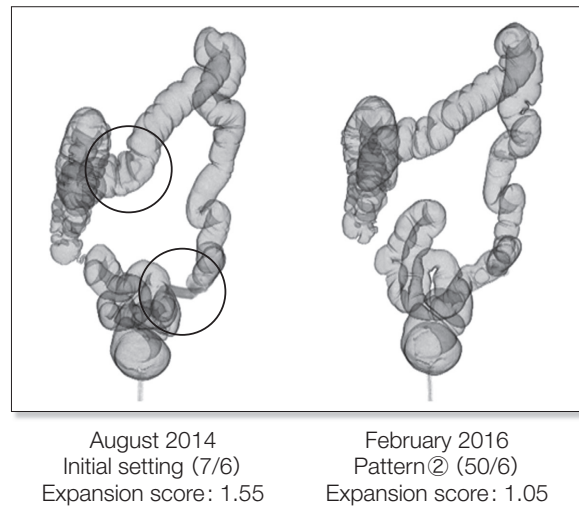


Fig.6 Clinical Case 2

を行っており、拡張度スコアの平均値はそれぞれ1.55と1.05であった(Fig.6)。大腸の区別では、特にS状結腸において初期設定よりもパターン④およびパターン②で良好な拡張を示していた。このように、送気カウントの高低による違いを実際の症例でも確認することが可能であった。

実際の大腸CTの成否に関しては、今回検討した炭酸ガスの送気・排気条件の設定だけでなく、被検者の体格や肛門括約筋・回盲弁の緊張度、体位変換・前処置など多くの要因が関係しているものと考えられる。同様に送気・排気条件に関しても、われわれが至適と判断した条件が必ずしも全ての症例に最適とは限らない可能性がある。今後は、被検者の年齢・体格などに応じて、個々の症例ごとに最適な検査方法を検討することが必要と考える。

5. 結論

大腸CT検査における炭酸ガスの送気および排気設定の最適化について検討を行った。炭酸ガス送気装置

KSC-130（根本杏林堂）において、送気カウント：50、排気カウント：6の設定（共に最大値）で、大腸の拡張が最も良好かつ腹痛の訴えが少なく、至適条件と考えられた。

表の説明

- Table 1 設定した5パターンの送気および排気カウントの値
Table 2 設定した5パターンの送気および排気カウント設定における大腸拡張および腹痛のスコア

図の説明

- Fig.1 炭酸ガス送気装置KSC-130（根本杏林堂）
Fig.2 ファントムデータ収集方法
Fig.3 腸管内圧上限値：25mmHg、送気速度：3L/min.の条件下で、送気カウントを10および50、排気カウントは共に6に設定（本検討におけるパターン①および②に相当）した場合のファントム実験結果
A線）送気速度
B線）腸管内圧
Fig.4 大腸拡張スコア化評価指標
Fig.5 臨床症例1 初期設定およびパターン④の設定で撮影を行った画像
Fig.6 臨床症例2 初期設定およびパターン②の設定で撮影を行った画像

参考文献

- 1) 永田浩一, 他: 大腸3D-CT検査で良好な腸管拡張を得るために鎮痛剤は必要か?. 日本大腸肛門病学会誌, 63, 127-133, 2010.
- 2) 鈴木雅裕, 他: 腸管拡張法. INNERVISION, 25(3), 23-26, 2010.
- 3) 國枝栄二, 他: CTコロノグラフィCO₂自動注入器を使用した大腸拡張法の検討. RadFan, 10(8), 20-24, 2012.
- 4) 國枝栄二, 他: CTコロノグラフィCO₂自動注入器を使用した大腸拡張法の検討(続編)～撮影手技を中心に～. RadFan, 11, 41-45, 2013.
- 5) 山崎通尋, 他: CT colonographyの実際 撮影法-空気の注入と体位, 撮影条件. INNERVISION, 23, 6-7, 2008.
- 6) 野尻龍二: How To Skill Up CTC CTコロノグラフィ, 達人のレシピ (Part 02) 炭酸ガス注入技術. RadFan, 11, 64-67, 2013.