TBT法を用いた肺動静脈分離撮影法の有用性

地方独立行政法人 佐賀県医療センター好生館

o三井宏太 宮﨑章博

織田信一郎岸川誠柿本信二

この研究発表の内容に関する利益相反事項は, 図 ありません





Background/Perpose

- 近年の呼吸器外科手術は胸腔鏡下手術(Video Assisted thoracic Surgery : VATS)による縮小手術が積極的に行われており,術前に肺動脈(Pulmonary Artery : PA)と肺静脈(Pulmonary Vein : PV)の走行や分岐の詳細を把握することが求められ,肺動静脈分離撮影が重要視されている.
- 当館では,VATS術前にTest Injection(TI)法による肺動静脈分 離撮影を行ってきた.しかし,Test Bolus(TB)時とMain Bolus(MB) 時の血流動態変動により至適撮影タイミングにずれが生じる 場合があった.
- そこで今回,血流動態による影響を考慮した造影法であるTest Bolus Tracking(TBT)法による肺動静脈分離撮影の検討を行 い,従来法(TI法)との比較を行い,その有用性について報告す る.



Test Bolus Tracking Method

- Test Bolus Tracking法は, JCHO 北海道病院の山口氏らが提唱 した新しい造影テクニックである.
- ・ 造影剤到達時間(arrival time)やTest Injection法による血流動 態の変動を考慮し,Bolus Tracking法と同程度の時間で撮影が 行える.
- 撮影を行うためには,部位ごとの造影剤立ち上がり時間(rise time)を把握する事が重要となる.

Test Bolus Tracking Method			
Test Injection Method Bolus Tracking Method			
撮影タイミングを決定するための少量の造 影剤(Test Bolus)と撮影用の造影剤(Main Bolus)を連続的に注入する.	撮影目的とされる部位で連続撮影(Bolus Tracking)を行い,撮影目的内の関心領域 (ROI)上で最大CT値を迎えたときをトリガーと して一定時間後,撮影を行う.		

rise time

- 造影剤立ち上がり時間(Rise Time)は10s以内の注入時間 (Injection Duration)では,注入時間に依存せず,ほぼ一定の時 間(8~9s)となる.
- ・ 立ち上がり時間は10s以上の注入時間では,注入時間にほぼ 比例する.



X Kyongtae T. Bae, MD, phD. Peak Contrast Enhancement in CT and MR Angiography: When Does It Occur and Why? Pharmacokinetic Study in a Porcine Model.Radiology 2003; 227:809-816.



2015/05/30

第7回九州CT研究会

SAGA-KEN MEDICAL CENTRE KOSEIKAN SIKCE ISS



Fig.2 Comparison of Test Bolus Tracking Method and Test Injection Method

第7回九州CT研究会

MEDICAL CE

Methods 1

- 当館でTI法による肺動静脈分離撮影を施行した症例のTB時 (injection duration 3s,5s,7s)のTime Enhanced Curve(TEC)を解 析し, PAとPVの造影剤立ち上がり時間(rise time), PAとPVの最 大CT値時間間隔(peak to peak time)を算出する. (Fig.3)
- PAはPAの基幹部,PVは左心房(LA)での解析とした.(Fig.4)





Fig.4



Material

CT	Aquilion 64 (Toshiba Medical Systems)
Auto injector	DUAL SHOT GX (Nemoto Kyorindo)
WS	ZIOSTATION 2 (Ziosoft)

Patient

	Male	Female	Total
number	58	28	86
age(y)	69	66	68
	(31-91)	(41-88)	(31-91)
height(cm)	164	152	160
	(149-178)	(134-165)	(134-178)
weight(kg)	59	52	57
	(42-82)	(30-73)	(30-82)
BMI	22.2	22.4	22.3
	(16.4-28.4)	(15.8-33.4)	(15.8-33.4)



Injection&Scan protocol

		Test Bolus Main Bolus	
	Contrast Media(mgI/ml)	300,350,370	
Injection	Injection speed(ml/s)	3	3
protocol	Volume(ml)	9,15,21	21
	Saline Chaser	yes	yes
	Tube Voltage(kv)	120	120
	Tube Current(mA)	50	Volume EC (SD:7.5)
	rotation time(s)	1.0	0.4
Scan protocol	helical pitch	-	0.844
	slice thickness(mm)	8.0	1.0
	collimation(mm)	8.0×4	1.0×32
	AIDR 3D	-	-

Table.3







	Injection duration 3sec (n=103)	Injection duration 5sec (n=86)	Injection duration 7sec (n=28)
PA-rise time (sec)	4.1±0.9	5.8±1.4	6.3±1.1
PV-rise time (sec)	5.2±0.8	7.0±1.5	7.8±0.9
peak to peak time(sec)	5.9±1.2	6.4±1.3	5.9±1.5



Result 1

 PA-rise timeとPV-rise timeはinjection duration(3s,5s,7s)ごとで 一定の時間内に収束した.

PA-rise timeの平均値は造影剤3s注入時4.0s, 5s注入時6.0s, 7s注入時6.5sで(Fig.5),PV-rise timeの平均値は造影剤3s注入時5.0s, 5s注入時7.0s, 7s注入時8.0sであった.(Fig.6)

以上より,肺循環(小循環)系でもTBT法による撮影は可能であると考えられる.

peak to peak timeについても,被験者間のずれはほとんどみら れず,平均6.0s程度であった.(Fig.7)

・ 以上よりTBT法による肺動静脈分離撮影のPA相とPV相の撮影間隔は6.0sとする.



Methods 2

- 当館でTI法による肺動静脈分離撮影を施行した86症例のTB 時(injection duration 5s)のデータより解析を行った.
- TBT法による肺動脈分離撮影(2相撮影で撮影間隔6s)を行った場合を想定して、モニタリング位置がPAとPVの場合のそれぞれのPA相でのPAとPV相でのPVのCT値がpeak to peak timeによりどのように変動するか解析を行い、最適なモニタリング位置を決定する.

CT値で解析を行うと症例による変動が大きい為,CT値の代わりに,PAの最大CT値を100%とした時のCT値の割合(the ratio from Peak PA-enhancement)で検討を行った.

 Method 1と同様に,PAはPAの基 幹部,PVはLAでの解析とした.

Trigger position	PA-phase	PV-phase
PA	PA-peak time (s)	PA-peak time + 6 (s)
PV	PV-peak time – 6 (s)	PV-peak time (s)

•Monitoring location : PA



MEDICAL CENTR KOSEIKAN

• Monitoring location : PV





2015/05/30



第7回九州CT研究会

MEDICAL CENTRI KOSEIKAN

Result 2

モニタリング位置がPAの場合,TBT法を用いているためPAは最大CT値付近での撮影が行えるが,PVはpeak to peak timeにより変動すると考えられる.(Fig.8)

実際の解析結果からも,peak to peak timeが6sから離れる 程,PVのCT値に急激な低下がみられた. (Fig.9)

 同様に,モニタリング位置がPVの場合,TBT法を用いているため PVは最大CT値付近での撮影が行えるが,PAはpeak to peak timeにより変動すると考えられる.(Fig.10)

実際の解析結果からも,peak to peak timeが6sから離れる 程,PAのCT値に低下がみられるが,PAの最大CT値がPVより高 い為に,PAとPV共に高いCT値で撮影できる許容範囲が広こと がわかる. (Fig.11)

以上より,TBT法を用いた肺動静脈分離撮影はPVトリガーが望ましいと考えられる.



Methods 3

- 320列ADCTを用いてVolume Scanの2相撮影を行い,造影剤の 注入条件はTB(造影剤3s注入,生食5s注入),休止時間 5s,MB(造影剤160mgl/kgで7s注入,生食5s注入)とした.
 モニタリング位置はPVで,PVのTB時のTECでのpeakをトリガー とし,9.5s後にPA相,15.5s後にPV相の撮影を行った.
- なお,TBT法での撮影時の造影剤量はPVの目標CT値を350HU
 とし,フラクショナルドーズを23mgl/kg/sとして設定している.
- PA相とPV相でのPAとPVのCT値を測定し,TI法の結果と比較を 行った.
- Method 1,2と同様にPAはPAの基幹部,PVはLAでの解析とした.

Material

	TI method	TBT method	
CT	Aquilion 64 (Toshiba Medical Systems)	Aquilion ONE (Toshiba Medical Systems)	
Auto injector	DUAL SHOT GX (Nemoto Kyorindo)	DUAL SHOT GX7 (Nemoto Kyorindo)	
WS	ZIOSTATION 2 (Ziosoft)		
Table 5			



Patient

	TI method		TBT method			
	Male	Female	Total	Male	Female	Total
number	58	28	86	60	32	92
age(y)	69	66	68	68	68	68
	(31-91)	(41-88)	(31-91)	(40-83)	(43-86)	(40-86)
height(cm)	164	152	160	163	153	160
	(149-178)	(134-165)	(134-178)	(150-175)	(142-165)	(142-175)
weight(kg)	59	52	57	61	50	57
	(42-82)	(30-73)	(30-82)	(42-81)	(33-62)	(33-81)
BMI	22.2	22.4	22.3	22.6	21.0	22.1
	(16.4-28.4)	(15.8-33.4)	(15.8-33.4)	(17.2-31.2)	(13.6-25.3)	(13.6-31.2)



Injection&Scan protocol

		Test Bolus	Main Bolus
	Contrast Media(mgl/ml)	300,350,370	
Injection	Injection speed(ml/s)	3	3
protocol	Volume(ml)	15	21
	Saline Chaser	yes	yes
	Tube Voltage(kv)	120	120
	Tube Current(mA)	50	Volume EC (SD:7.5)
	rotation time(s)	1.0	0.4
Scan protocol	helical pitch	-	0.844
	slice thickness(mm)	8.0	1.0
	collimation(mm)	8.0×4	1.0×32
	AIDR 3D	-	-

		Test Bolus	Main Bolus
	Contrast Media(mgI/ml)	300,350,370	
Injection	Injection speed(ml/s)	3~5	3~5
protocol	Volume(ml)	9 ~ 15	21 ~ 35
	Saline Chaser	yes	yes
	Tube Voltage(kv)	120	120
	Tube Current(mA)	80	Volume EC (SD:7.5)
	rotation time(s)	0.5	0.5
Scan protocol	helical pitch	-	-
	slice thickness(mm)	4.0	1.0
	collimation(mm)	1.0×160	1.0×160
	AIDR 3D	_	Weak

Table. 8 TBT method

Table.7 TI method

2015/05/30











SINCE 1858

*** p<0.001

** p<0.01

* p<0.05

Student's t test





2015/05/30

		Male	Female	Total	
	DΛ	PA-CT Value(HU)	313±74	339±80	321±77
τı	Phase	PV-CT Value(HU)	114±48	109±34	112±44
(n=86)	PV Phase	PA-CT Value(HU)	123±39	114±39	120±39
		PV-CT Value(HU)	254±45	274±50	261±48
PA Phase TBT (n=92) PV Phase	ΡΑ	PA-CT Value(HU)	410±92	423±84	415±89
	Phase	PV-CT Value(HU)	129±38	117±29	124±35
	PV	PA-CT Value(HU)	158±50	163±50	160±50
	Phase	PV-CT Value(HU)	339±61	365±51	348±58

Table.9



Result 3

- TBT法による撮影では,TI法使用時にみられた血流動態の変動による分離不良例(TI法使用時で約30%)はみられなかった.
- フラクショナルドーズ法とTBT法(モニタリング位置:PV)を用いた ことでPV相でのPVのCT値を目標CT値の350HUにほぼ到達さ せることができた.(PVの平均CT値348±58HU)
- また,モニタリング位置をPVとしたが,PA相でのPAは平均CT値 415±89HUと高いCT値で撮影することができ,PAとPV共にTI法 使用時に比べ有意(p<0.001)にCT値を高く保つことができた. (Fig.13,Fig.14)



Fig.16 Image Processing

SAGA-KEN MEDICAL CENTR KOSEIKAN SINCE 1858



PA-phase

PV-phase

Fig.17 clinical image

2015/05/30



Discussion

- TBT法による肺動静脈分離撮影のモニタリング位置は PAに設定することが一般的であり,そのためにPV相での至適撮影タイミングが難しい傾向にあった.
- しかし,TBT法による肺動静脈分離撮影でモニタリング位置を PVにすることで,PVは確実に最大CT値付近で撮影を行うことが できる.

またPAはpeak to peak timeにより変動はするが,最大CT値が PVと比較して高いため,撮影が可能である許容範囲が大きい.

 また,TBT法を用いることでTI法使用時に比べTBの解析時間の 分,検査時間を短縮することができた.



Conclusion

肺動静脈分離撮影は、タイミングを捉えることが難しくTI法を用いても血流動態の変動から確実に撮影を行うことは困難であった.

しかし,TBT法を用いることでこの問題を解消することができた.

- また,PVをモニタリング位置とすることで症例によらず安定した 撮影が行える.
- 以上より,TBT法を用いたPVトリガーの肺動静脈分離撮影が有用であることが示唆された.

ご清聴ありがとうございました

ENTR

MERIG

KASEIKA



2015/05/30