

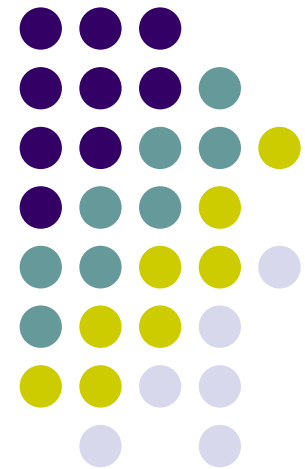
CyberKnifeの吸収線量測定及び 当院におけるQA・QCへの取り組み

横浜サイバーナイフセンター¹⁾、横浜市立大学 大学院²⁾
井上光広¹⁾²⁾、大川浩平¹⁾、仙田学¹⁾
帯刀光史¹⁾、佐藤健吾¹⁾

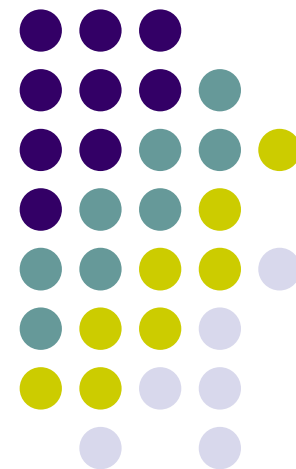


横浜市立大学附属病院
小池泉

首都大学東京 大学院
河内徹



CyberKnifeの吸収線量測定



^{60}Co γ 線以外の線質での水吸収線量



$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0}$$

- $D_{w,Q}$: 水吸収線量
 M_Q : リファレンス線量計の指示値
 N_{D,w,Q_0} : 水吸収線量校正定数
 k_{Q,Q_0} : 線質変換係数

$TRP_{20,10}$ を線質指標として標準測定法01(付録4)の表を参照して決定

線質指標 $TPR_{20,10}$ 測定の基準条件

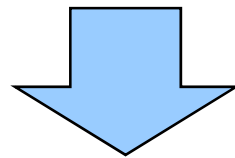


項目	基準値または基準特性
ファントム材質	水
電離箱	円筒形または平行平板形
測定深	20 g/cm ² および10 g/cm ²
電離箱の基準点	円筒形:幾何学中心 平行平板形:電離空洞内前壁
<i>SCD</i>	100 cm
照射野サイズ	10 cm × 10 cm

CyberKnifeの吸収線量測定

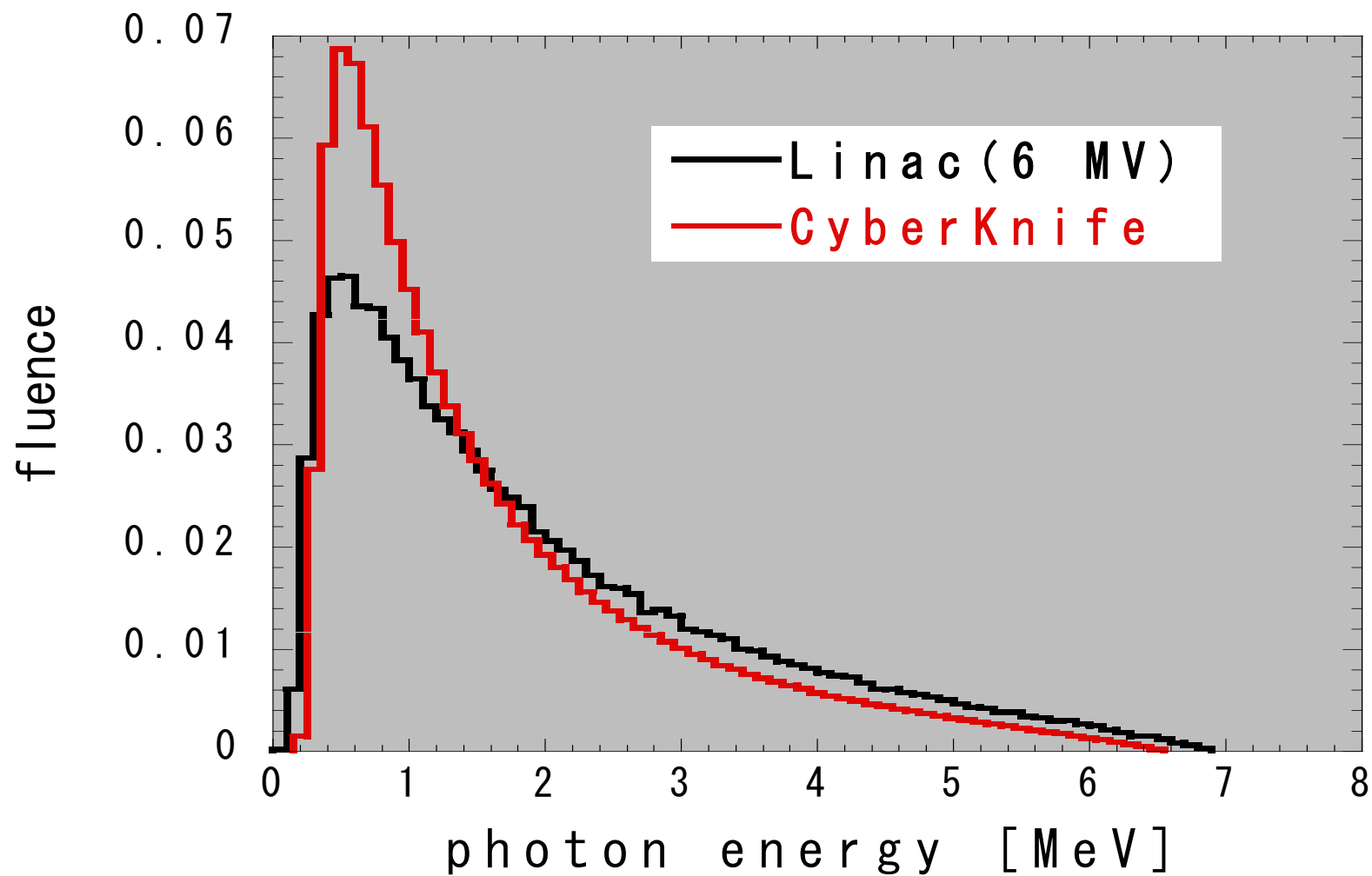


- フラットニングフィルタ無し
- 円形照射野
- 最大照射野6cmφ



標準測定法01の線質指標、線質変換係数
などが使用不可

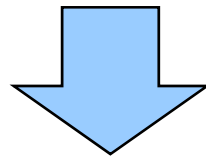
CyberKnifeの吸収線量測定



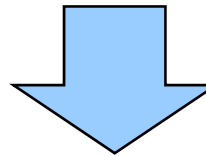
CyberKnifeの吸収線量測定



モンテカルロシミュレーションにて



光子のエネルギースペクトル



$$(L/\rho)_{\text{water,air}} = \mathbf{1.120}$$

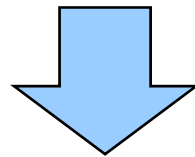
CyberKnifeの吸収線量測定



“Monte Carlo study of a Cyberknife stereotactic radiosurgery system”

Fujio Araki

Medical Physics Volume, 33 (8)



$$k_Q(CK) \doteq k_Q(6MV LINAC)$$

< 0.3%

嬉しい知らせ



Dear Mr. Kawachi,

**Your manuscript, referenced below,
has been reviewed and tentatively
accepted for publication in Medical
Physics:**

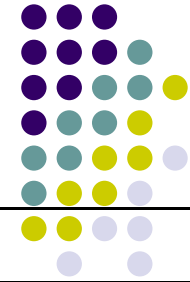
**"Absorbed dose determination
based on reference dosimetry in
CyberKnife beam"**

CKでの $TPR_{20,10}$ 測定の基準条件



項目	測定条件
ファントム	水
電離箱	円筒形(指頭形)電離箱
測定深	20 g cm^{-2} および 10 g cm^{-2}
電離箱の基準点	ビーム軸上で電離空洞の幾何学的中心
電離箱の位置	測定深
SCD	80 cm
照射野	60 mm Φ

CKのための線質変換係数 k_Q



Ionization chamber	$^{CK}TPR_{20,10}$					
	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66
Capintec PR-5/5P mini	0.999	0.999	0.998	0.997	0.997	0.996
Exradin A1 mini	0.999	0.999	0.998	0.998	0.997	0.996
Exradin T1 mini	0.988	0.986	0.984	0.983	0.981	0.980
Exradin A12/A12S	0.998	0.997	0.997	0.996	0.995	0.994
NE 2515/3 2577	0.996	0.995	0.994	0.994	0.993	0.992
NE 2561 Sec.Std	0.996	0.996	0.995	0.994	0.993	0.993
PTW 23323micro	0.993	0.992	0.990	0.989	0.988	0.987
PTW 23332rigid	0.993	0.992	0.990	0.989	0.988	0.987
PTW 31002/31003 flexible	0.993	0.992	0.990	0.989	0.988	0.987
Victoreen 30-348	0.992	0.991	0.989	0.988	0.987	0.986
Scdx-Wellhofer IC 05/06/10/15/25	0.998	0.997	0.996	0.995	0.994	0.994
Scdx-Wellhofer IC 28 F short.	0.998	0.997	0.996	0.995	0.994	0.994

*For field diameter = 60 mm, depth in water = 10 cm and PMMA 0.1 g cm⁻² sleeve

CKの水吸収線量測定の基本條件



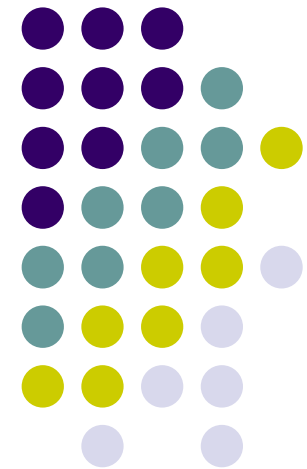
項目	測定条件
ファントム	水
電離箱	電離空洞の長さが1.0 cm以下の円筒形 (指頭形)電離箱
測定深	10 g cm ⁻²
電離箱の基準点	ビーム軸上で電離空洞の幾何学的中心
電離箱の位置	測定深
SSD/SCD	80 cm
照射野	60 mmΦ

CyberKnifeの吸収線量測定



- $TPR_{20,10}$ より k_Q を求める
SCD=80cm
照射野=60mm Φ
- 電離空洞の長さ1.0cm以下の
ファーマ形電離箱が推奨

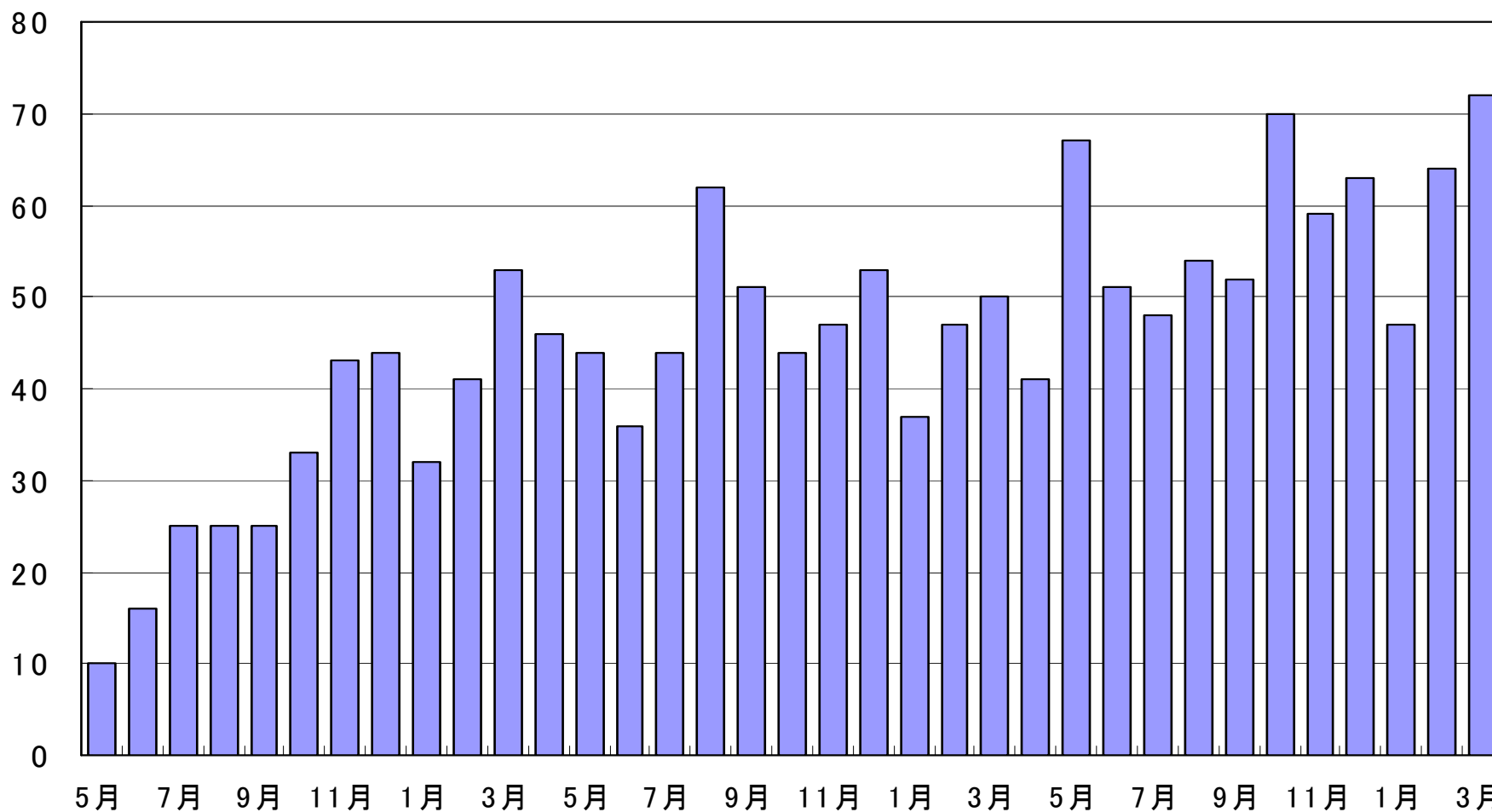
当院におけるQA・QCへの取り組み



横浜CKセンター治療人数



治療人数



期間 5/2005~3/2008

CyberKnifeのQA



- CyberKnifeは定位放射線照射の一つで、
厳しい精度が要求される
- ロボットを採用したため通常のリニアック
とは異なる対応が求められる

CyberKnifeのQA



Each Treatment:

- 1) MUチェック
- 2) MU, Robot Position チェック (治療後)
- 3) 線量・線量分布のチェック (治療開始時)

CyberKnifeのQA



Daily:

- 1) リニアックに関するパラメータのチェック
- 2) モニター線量計の校正
- 3) 安全インタロックのチェック
- 4) Robot Pointingのチェック
- 5) 幾何学的照射精度の確認

CyberKnifeのQA



Weekly:

- 1) フィルムを用いた幾何学的照射精度の確認 (E2E test : End to End test)

Monthly:

- 1) ビームパラメータのチェック
- 2) イメージアライメントのチェック

CyberKnifeのQA



Quarterly:

- 1) Target Locating System tracking
(TLS) テスト
- 2) Linac Laser Mechanical
アライメントチェック
- 3) Linac Laser / Radiation Field
アライメントチェック

CyberKnifeのQA



Annual:

- 1) Beam Commissioning Spot チェック
- 2) Treatment Planning System テスト
- 3) ビーム校正チェック
- 4) Safety System テスト
- 5) Robot Mastering

横浜CKのQA・QC



QA・QCを簡易に、忘れることなく
実施できるようにQA Sheet を作成

横浜CKのQAシート



The screenshot displays the 'Yokohama CyberKnife QA Sheet' software interface. The main window has a light blue background and contains several buttons and options:

- Yokohama CyberKnife QA Sheet** (Title)
- TPS_image** (Button)
- QA Menu Sheet** (Button)
- Morning Check** (Button)
- End to End Test** (Button)
- MU check** (Button) with radio buttons for **Old** and **New**
- Beam Profile** (Button)
- TPS dose data** (Button)
- Beam Energy** (Button)
- 照射録** (Button)
- TLS Alignment** (Button)
- Patient Position** (Button)
- Linac Laser Alignment** (Button)

On the right side, there are three radio button options: **Head**, **Head Reverse**, and **Neck**.

The bottom of the window shows a taskbar with 'コマンド' and a sheet navigation bar with 'Sheet1', 'Sheet2', and 'Sheet3'. The system tray on the right indicates '100%' zoom and a shield icon.

MU チェック



Yokohama QA_Sheet (Version: 1.3.1)

CK No.

患者 ID

氏名 性別 男 女

Name 年齢

傷病名

治療前 | 治療後 | 特殊処理 | 使用時間管理

Plan Name

Fraction Correction 6D 3D

11 2007

日	月	火	水	木	金	土
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8

使用時間管理



1週間の使用時間（分）

使用期間: 2008/3/9 ~ 2008/3/15 総使用時間 900.81 分

壁面A	108分/週
87	0.70
88	5.51
90	13.10
91	0.00
92	7.42
94	9.92
AQA 2	0.00
使用時間	42.16

壁面C	108分/週
30	7.59
31	11.75
32	14.31
34	18.39
35	11.32
36	12.49
37	8.96
38	13.21
39	7.99
40	2.96
41	5.48
53	2.40
54	5.99
57	6.96
58	13.84
59	8.76
60	17.16
61	14.75
62	0.00
63	13.16
64	5.07
65	8.27

壁面D	108分/週
55	5.13
56	10.84
57	6.96
58	13.84
60	17.16
61	14.75
62	0.00
63	13.16
64	5.07
65	8.27
66	7.78
67	7.48
68	6.46
使用時間	75.19

床面(壁面F)	2700分/週
1	4.98
2	8.72
3	9.52
4	11.74
5	8.36
6	12.39
7	11.52
8	12.20
9	8.27
10	4.12
11	4.78
12	15.01
13	16.12
14	13.92
15	12.41
16	6.70

床面(壁面F)	2700分/週
29	7.69
33	8.67
42	10.25
43	8.48
44	7.76
45	6.30
46	5.95
47	9.36
48	2.47
49	6.20
50	7.25
51	6.78
52	7.09
69	7.47
70	6.56
71	5.22
72	2.47
73	7.60
74	8.63
75	11.89
76	8.33
77	11.53
78	4.64
79	11.98
80	9.38
81	8.68
82	8.19
83	16.73
84	5.02
85	9.65
86	0.00
89	5.14

横浜CKのQAシート



The screenshot shows a software window titled "Yokohama CyberKnife QA Sheet". The interface is light blue and contains several buttons for navigation and testing. At the top left, a box contains the title "Yokohama CyberKnife QA Sheet". To the right of this box is a "TPS_image" button. Below the title box, there are two columns of buttons. The left column includes "Morning Check", "MU check" (with "Old" and "New" radio buttons), "TPS dose data", "照射録" (Isshokuroku), and "Patient Position". The right column includes "QA Menu Sheet", "End to End Test" (with "Head", "Head Reverse", and "Neck" radio buttons), "Beam Profile", "Beam Energy", "TLS Alignment", and "Linac Laser Alignment". At the bottom, a taskbar shows "コマンド" (Command) and a window manager with tabs for "Sheet1", "Sheet2", and "Sheet3". The system tray on the right shows a 100% zoom level and a shield icon.

横浜CKのQAシート



横浜CKのQAシート



The screenshot shows a software interface for the Yokohama CyberKnife QA Sheet. The main title is "Yokohama CyberKnife QA Sheet". The interface is organized into several sections:

- QA Menu Sheet**: A central menu area containing buttons for:
 - Morning Check
 - MU check (with sub-options for Old and New)
 - TPS dose data
 - 照射録 (Irisshiryoku)
 - Patient Position
 - End to End Test (with sub-options for Head, Head Reverse, and Neck)
 - Beam Profile
 - Beam Energy
 - TLS Alignment
 - Linac Laser Alignment
- TPS_image**: A button located in the top right corner.

The interface also features a navigation bar at the bottom with tabs for "Sheet1", "Sheet2", and "Sheet3", and a status bar showing "コマンド" and "100%".

横浜CKのQAシート



	A	B	C	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD		
1																							
2			DATE (Monday)	12/3	12/10	12/17	12/24	1/1	1/7	1/14	1/21	1/28	2/4	2/11	2/18	2/25	3/3	3/10	3/17	3/24	3/31		
3			Weekly	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	5th	1st	2nd	3rd	4th	1st	2nd	3rd	4th	5th		
4			Beam Parameters	12/7	12/11		12/25	正月 休暇	1/8	1/17		1/28	2/4	2/12	2/18	2/26	3/3		3/17	3/24	3/31		
5			End to End	12/3	12/10	12/17	12/25		1/7	1/15	1/21	1/28	2/4	2/12	2/18	2/25	3/3	3/10	3/17	3/24	3/30		
6			Dose Derivery	12/7	12/14	12/21		1/5	1/11	1/18	1/25	2/1	2/8	2/15	2/22	2/29	3/10	3/14	3/21	3/28	4/4		
7			Monthly	December				January				February				March							
8			Beam Energy	12/11				1/5				2/16				3/15							
9			Imaging Alignment					1/4				2/16				3/15							
10			Robot Mastering					1/4				2/18				3/30							
11			Quarterly					4th Quarter															
12			Linac Laser Mechanical Alignment									1/5											
13			Linac Laser / Radiation Field Alignment									1/5											
14			TLS tracking																				
15			Annually																				
16			Beam commissionig																				
17			Treatment Planning System																				
18			Beam Calibration (Cross calibration factor)																				
19			Safety System																				
20			Robot Mastering																				
21			TLS tracking																				

使用時間管理



壁面C	108分/週
30	7.59
31	11.75
32	14.31
34	18.39
35	11.32
36	12.49
37	8.96
38	13.21
39	7.99
40	2.96
41	5.48
53	2.40
54	5.99
57	6.96
58	13.84
59	8.76
60	17.16
61	14.75
62	0.00
63	13.16
64	5.07
65	8.27
66	7.78
使用時間	95.92

64	5.07
65	8.27
66	7.78
67	7.48
68	6.46
使用時間	75.19

床面(壁面F)	2700分/週
1	4.98
2	8.72
3	9.52
4	11.74
5	8.36
6	12.39
7	11.52
8	12.20
9	8.27
10	4.12
11	4.78
12	15.01
13	16.12
14	13.92
15	12.41
16	6.70
17	8.64
18	8.61
19	17.16
20	11.79
21	7.19
22	11.52

48	2.47
49	6.20
50	7.25
51	6.78
52	7.09
69	7.47
70	6.56
71	5.22
72	2.47
73	7.60
74	8.63
75	11.89
76	8.33
77	11.53
78	4.64
79	11.98
80	9.38
81	8.68
82	8.19
83	16.73
84	5.02
85	9.65
86	0.00
89	5.14
93	11.41
95	9.24
96	9.08
97	7.26
98	6.50
99	12.42

横浜CKのnewQAシート



治療前QA

患者情報

CK Number

患者 ID

患者氏名

Last Name

年齢

性別 男 女

傷病名

Treatment Plan

Plan Name

Fraction :

beam	colli	SAD	depth	mu	dose	calc.	error (%)
1	20.0	873.0	146.0	176.06	78.25	77.46	1
2	20.0	871.5	158.0	186.88	78.25	77.37	1.1
3	20.0	873.7	151.0	180.88	78.25	77.32	1.2
4	20.0	866.3	171.0	196.16	78.25	77.49	1
5	20.0	863.7	147.0	173.74	78.25	77.55	0.9
6	20.0	872.1	159.0	187.97	78.25	77.34	1.2
7	20.0	860.1	155.0	179.42	78.25	77.53	0.9
8	20.0	869.6	146.0	174.77	78.25	77.5	1
9	20.0	856.7	120.0	149.82	78.25	77.67	0.7
10	20.0	839.3	98.0	128.39	78.25	77.59	0.9
11	20.0	822.0	87.0	117.11	78.25	78.11	0.2
12	20.0	817.9	84.0	114.25	78.25	78.12	0.2
13	20.0	800.6	77.0	106.01	78.25	78.24	0
14	20.0	811.2	82.0	111.40	78.25	78.18	0.1
15	20.0	827.6	91.0	121.26	78.25	77.99	0.3
16	20.0	866.3	137.0	166.32	78.25	77.51	1
17	20.0	853.7	115.0	145.09	78.25	77.69	0.7
18	20.0	842.5	100.0	131.20	78.25	77.88	0.5
20	20.0	822.6	85.0	116.26	78.25	78.05	0.3
25	20.0	785.6	60.0	89.74	78.25	78.25	0
29	20.0	848.2	107.0	137.81	78.25	77.8	0.6
30	20.0	840.6	97.0	129.78	78.25	77.93	0.4
31	20.0	818.2	79.0	111.42	78.25	78.11	0.2
32	20.0	835.2	91.0	123.39	78.25	77.94	0.4
33	20.0	854.1	114.0	144.51	78.25	77.64	0.8
34	20.0	830.1	91.0	121.96	78.25	77.98	0.3
35	20.0	808.1	78.0	108.38	78.25	78.21	0.1
36	20.0	817.3	81.0	112.51	78.25	78.11	0.2
37	20.0	840.7	101.0	131.26	78.25	77.87	0.5
38	20.0	864.9	134.0	163.02	78.25	77.63	0.8
39	20.0	861.5	127.0	156.99	78.25	77.6	0.8
40	20.0	860.8	127.0	156.74	78.25	77.6	0.8

Path File 印刷 Yes No 表示切替 Reference Beam Center

傷病名

横浜CKのnewQAシート



治療前QA

患者情報

CK Number

患者 ID

患者氏名

Last Name

年齢

性別 男 女

傷病名

Treatment Plan

Plan Name

Fraction :

beam	colli	SAD	d_cax	d_eff	radius	mu	dose	calc.	error(%)
1	20.0	873.0	158.0	146.0	0.0	176.06	78.25	78.25	0
2	20.0	871.5	158.0	158.0	0.0	186.88	78.25	78.25	0
3	20.0	873.7	156.0	151.0	0.0	180.88	78.25	78.25	0
4	20.0	866.3	171.0	171.0	0.0	196.16	78.25	78.24	0
5	20.0	863.7	147.0	147.0	0.0	173.74	78.25	78.25	0
6	20.0	872.1	159.0	159.0	0.0	187.97	78.25	78.24	0
7	20.0	860.1	155.0	155.0	0.0	179.42	78.25	78.26	0
8	20.0	869.6	146.0	146.0	0.0	174.77	78.25	78.25	0
9	20.0	856.7	120.0	120.0	0.0	149.82	78.25	78.25	0
10	20.0	839.3	98.0	98.0	0.0	128.39	77.88	77.88	0
11	20.0	822.0	87.0	87.0	0.0	117.11	78.25	78.25	0
12	20.0	817.9	84.0	84.0	0.0	114.25	78.25	78.26	0
13	20.0	800.6	77.0	77.0	0.0	106.01	78.24	78.24	0
14	20.0	811.2	81.0	82.0	0.0	111.40	78.24	78.25	0
15	20.0	827.6	90.0	91.0	0.0	121.26	78.25	78.25	0
16	20.0	866.3	137.0	137.0	0.0	166.32	78.25	78.25	0
17	20.0	853.7	115.0	115.0	0.0	145.09	78.25	78.25	0
18	20.0	842.5	100.0	100.0	0.0	131.20	78.25	78.24	0
20	20.0	822.6	85.0	85.0	0.0	116.26	78.25	78.26	0
25	20.0	785.6	60.0	60.0	0.0	89.74	78.25	78.25	0
29	20.0	848.2	107.0	107.0	0.0	137.61	78.25	78.25	0
30	20.0	840.6	97.0	97.0	0.0	128.78	78.24	78.25	0
31	20.0	818.2	79.0	79.0	0.0	111.42	78.24	78.24	0
32	20.0	835.2	91.0	91.0	0.0	123.39	78.25	78.25	0
33	20.0	854.1	114.0	114.0	0.0	144.51	78.25	78.25	0
34	20.0	830.1	90.0	91.0	0.0	121.96	78.24	78.24	0
35	20.0	808.1	78.0	78.0	0.0	108.38	78.25	78.26	0
36	20.0	817.3	81.0	81.0	0.0	112.51	78.24	78.24	0
37	20.0	840.7	101.0	101.0	0.0	131.26	78.25	78.24	0
38	20.0	864.9	134.0	134.0	0.0	163.02	78.25	78.25	0
39	20.0	861.5	127.0	127.0	0.0	156.99	78.25	78.25	0
40	20.0	860.8	127.0	127.0	0.0	156.74	78.25	78.25	0

Path File 印刷 Yes No 表示切替 Reference Beam Center

傷病名

横浜CKのnewQAシート



CK II QA Sheet (Version1.1)

**Yokohama CK Center
CyberKnife II
QA Sheet (Version 1.1)**



Beam Profile	Not yet	Group A	108min.
End to End	Not yet	Group C	108min.
Dose Delivery	Not yet	Group D	108min.
Beam Energy	Not yet	Group F	2700min.
Image Alignment	Not yet		
Robt Mastering	Not yet		

Mornig Check

治療前 QA

治療後 QA

Patient Position

End to End Test

Beam Profile

Beam Energy

TLS Alignment

Linac Laser Alignment

QA Menu Sheet

使用時間管理


TPS Image

横浜CKのnewQAシート



CK II QA Sheet (Version 1.1)

**Yokohama CK Center
CyberKnife II
QA Sheet (Version 1.1)**



Beam Profile	OK	Group A	42.5	108 min.
End to End	OK	Group C	95.9	108 min.
Dose Delivery	Not yet	Group D	75.2	108 min.
Beam Energy	Not yet	Group F	155.7	2700 min.
Image Alignment	Not yet			
Robt Mastering	Not yet			

Beam Profile	OK	Group A	42.5	108 min.
End to End	OK	Group C	95.9	108 min.
Dose Delivery	Not yet	Group D	75.2	108 min.
Beam Energy	Not yet	Group F	155.7	2700 min.
Image Alignment	Not yet			
Robt Mastering	Not yet			

Linac Laser Alignment

Windows Explorer - new_CK (実行中) - M... new_sheet - ペイント CK II QA Sheet (Ver... 21:40

横浜CKのnewQAシート

