The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	組織等価物質の試作(筋肉等価プラスチックについて)
Author(s)	川島, 勝弘; 高久, 祐治; 稲田, 哲雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1961, 20(11), p. 2460-2462
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19755
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

組織等価物質の試作
(筋肉等価プラスチックについて)

放射線医学総合研究所物理研究部(部長　伊藤岳郎)
川島勝弘　高久祐治　稲田哲雄
松沢秀夫

(昭和35年12月6日受付)

I. 緒　言

生体内におけるX, γ線の線量分布や吸収線量等を基礎的に再現性よく算定するためには, X, γ線に対して生体組織と等価な物理的特性を持つ物質がファントムとして用いられる. 組織に等価とは, ファントム物質の実効原子番号, 電子密度及び比重等が生体組織のそれに近似し, 従つてX, γ線の吸収, 散乱が生体に同等である事を意味する.

そもそも生体の大きな部分を占めるものは筋肉であり, その実用的ファントムとしては水, パラフィン, ルサイト(アクリル樹脂)等が従来から使われているし, 他方厳密には理論的実験的に各種の組織等価物質が開発されている[1)-7)]. 然しこれらのうちの多くは, 一般に低エネルギーX, γ線に対してその組織等価性が著るしく悪とい云う難点を持つている[8)].

そこで我々はICRU(1956年)の筋肉組成[9)]に準拠した固形物質を試作し, その筋肉等価の程度を豚の最背長筋(Muscle longissimus dorsi)と比較したところ, 40keV～1.25MeVのX, γ線に対して満足すべき一致を認めたので報告する.

II. 実験方法

1) 混合物の実効原子番号, 電子密度

或る物質が諸種の元素(原子番号Z_i,原子量A_i)から構成され, 夫々の重量百分率がP_iである時, 混合物の実効原子番号(光電吸収及び電子対創性に対して夫々$\bar{Z}_\tau$, $\bar{Z}_\kappa$)ならびに電子密度n_0は次式によつて求めるものとする[10)].

$$\bar{Z}_\tau^{2.94}=\sum_i \alpha_i Z_i^{2.94} \qquad (1)$$

$$\bar{Z}_\kappa=\sum_i \alpha_i Z_i \qquad (2)$$

$$n_0=N\sum_i P_iZ_i/A_i \qquad (3)$$

但し$\alpha_i=P_iZ_iN/A_in_0$であり, Nは Avogadro 数である.

この式によつて計算した各物質の$\bar{Z}$, n_0等をTable 1に示す. 又 Table 2に吸収係数を示す.

Table 1. Characteristics of experimental materials

material	density (g/cm)³	$\bar{Z}_\tau$	$\bar{Z}_\kappa$	n_0
muscle (ICRU)	(1.00)	7.46	6.54	3.31×10^{23}
Mix. P.	1.12	7.46	5.97	3.30×10^{23}
CP-705	1.08	5.65	5.13	3.31×10^{23}
lucite	1.20	6.46	5.86	3.25×10^{23}

n_0 is the number of electrons per gram of materials.

2) 実験材料の処理

イ. ポリエチレン混合物

筋肉(ICRU)に等価な$\bar{Z}$, n_0を持ち, しかも堅牢な固形物質を得るために, ポリエチレンを主体とする混合物(以下 Mix P と略称する)を試作した. 即ちポリエチレン$(CH_2)_n$, 71.4, 硝酸ナトリウム$NaNO_3$: 21.3, 酸化アルミニウムAl_2O_3: 5.5, 酸化チタンTiO_2: 1.8(いずれも重量百分率)の割合に混合したものを円筒形の鋼鉄製型枠に入れて圧縮成型した. その条件は温度150℃, 圧力100kg/cm² で約5分間加熱圧縮し

Table 2. Calculated Total Absorption Coefficients**.

Energy (MeV)	ICRU-Muscle	Mix P		Water	
	Absorp. coef. (cm²/g)	Absorp. coef. (cm²/g)	Error* (%)	Absorp. coef. (cm²/g)	Error* (%)
0.01	5.18	5.06	− 2.3	5.10	− 1.5
0.03	0.342	0.345	+ 0.9	0.336	− 1.8
0.05	0.212	0.214	+ 0.9	0.212	0
0.08	0.177	0.177	0	0.178	+ 0.6
0.10	0.166	0.166	0	0.167	+ 0.6
0.15	0.147	0.147	0	0.149	+ 1.4
0.20	0.135	0.134	− 0.7	0.136	+ 0.7
0.50	0.0956	0.0955	− 0.1	0.0966	+ 1.1
1.0	0.0700	0.0697	− 0.4	0.0706	+ 0.9
2.0	0.0489	0.0487	− 0.4	0.0493	+ 0.8
5.0	0.0298	0.0296	− 0.7	0.0301	+ 1.0
10.0	0.0217	0.0212	− 2.3	0.0219	+ 0.9

* Error is relative to ICRU-Muscle. ** c f. NBS Circular 583 (1957)

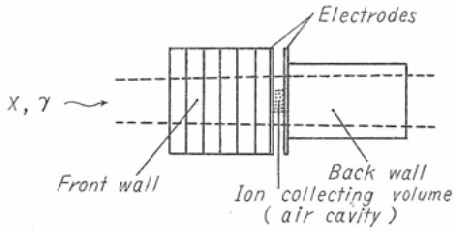

Fig. 1. Schematic diagram of experimental arrangement. The electrodes are 1 mm thick lucite plates, insides of which are coated with aquadag.

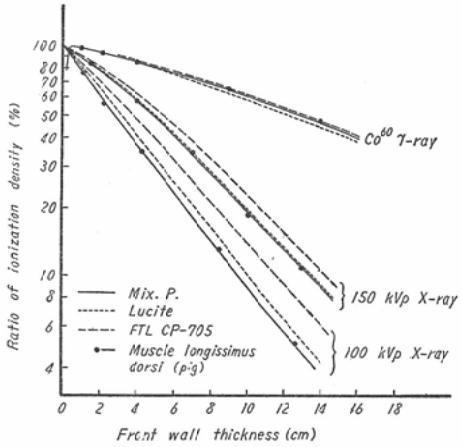

Fig. 2. Variations of depth doses with additional front wall thickness for each material.

た後熱源を断ち，以後は圧力を加えたまゝで自然冷却させた．従つて Mix P は厚さ 1 mm～15mmの円板（直径10cm，6 cm）として得られ，測定実験の際の前後壁として好都合であつた．

ロ．FTL CP— 705

CP— 705は導電性の組織等価プラスチックとして米国の Federal Telecommunication Laboratories (a division of International Telephone and Telegraph Corporation) から市販されている黒色柔軟な粒状物質である．これを所定の条件で圧縮成型（温度 190°C，圧力 150 kg/cm²）して，Mix p と同形の固い円板を作つた．

ハ．ルサイト（アクリル樹脂）

厚さ 1.5mm，3 mm，5 mm，10mmの透明なアクリル樹脂板から夫々直径10cm，6 cmの円板各種を切り取つた．

ニ．豚の最背長筋

新鮮な豚最背長筋（Muscle longissimus dorsi）をパラフィンで円柱形（10cmφ×30cm）に固定した後その軸方向と直角に 2 mm～15mm の厚さに切り，前記材料と同様の円板を作つた．又別に 6 cmφ×15cmの円柱形に固定したものを作り後壁用とした．

3) 深部線量の測定

深部線量の測定においては電離空洞の位置が正確でなければならぬので，我々は平行電極型外挿電離槽[11]の air cavity（2 cmφ×5 mm）をX線管焦点又は Co^{60} γ 線源から1mに固定した．次に前記各物質を前壁として順次積み重ねた時の空洞内電離電流を振動容量電位計（Applied Physics 社製 Model31）で測定した．但し背後散乱を飽和させるために，後壁には厚さ15cmの同一物質を置いた．その概略を Fig. 1 に示す．

入射線は 100kVp（HVL0.17mmCu, 実効エネルギー40keV）及び 150kVp（HVL0.85mm Cu,実効エネルギー76keV）のX線と Co^{60} γ 線であり，air cavity の位置における照射野はX線で5 cmφ, Co^{60} γ線では 3.5cm× 4.5cmであつた．

III. 実験結果

附加前壁の厚さによつて決められる任意の深さにおける電離値を最大の電離値と比較して，Fig. 2 の結果を得た．これは各媒質内における深部線量の減弱率を示す．但し最大の電離値とは，X線では前壁を附加しない場合の値，Co^{60} γ 線では前壁の厚さ5 mmに対する値である．

即ち，組織等価物質として市販されているCP— 705やルサイトは 150kVp 以下の低エネルギーX線に対し豚最背長筋との差異が著るしいのに反し，Mix P は低エネルギーX線に対しても筋肉と等価な吸収を示すことが判つた．

尚，我々は電離槽壁として Mix P を用い，これに筋肉等価の混合気体を充填した所謂 "tissue chamber[12]" を作成中であるが，これについては後で報告する予定である．

IV. 結　論

筋肉等価物質としてポリエチレンを主体とする固形混合物 Mix P を作り，X，γ線（実効エネルギー40keV～1.25MeV）に対する深部線量の減弱率を豚の最背長筋と比較したところ，筋肉等価であることを知つた．従つて，Mix P は深部線量測定用のファントムとしても，又電離槽の壁材としても有用であろうと思われる．

（本論文の要旨は第19回日本医学放射線学会総会において発表した）．

文　献

1) Wagner, G.: Strahlenther. 96, 482 (1955). —2) Jones, D.E.A. and Raine, H.C.: Brit. J. Radiol. 22, 549 (1949). —3) 尾内，楠本：日医放会誌，19, 1012 (1959). —4) Spiers, F. W.: Brit. J. Radiol. 16, 90 (1943). —5) Harris, J.H. et al.: Radiology 67, 805 (1956). —6) Roderick, J.F.: Am. J. Roent. 81, 331 (1959). —7) Jones, D.E.A.: Brit. J. Radiol. 32, 68 (1959). —8) Markus, B.: Strahlenther. 101, 111 (1956). —9) NBS Hand Book 62, p. 12 (1956). —10) Spiers, F. W.: Brit. J. Radiol. 19, 52 (1946). —11) 松沢他：日本医放会誌，20, 11号，2410. —12) Rossi, H. H. and Failla, G.: Nucleonics 14, No. 2, 32 (1956).

Muscle Equivalent Material

By

K. Kawashima, Y. Takaku, T. Inada and H. Matsuzawa
Physics Division, National Institute of Radiological Sciences (Director G. Ito)

A tissue-equivalent material was made from following components:

polyethylene $(CH_2)n$	71.4 weight-percents
sodiumnitrite $(NaNO_3)$	21.3
aluminumoxide (Al_2O_3)	5.5
titaniumoxide (TiO_2)	1.8

The attenuation coefficients of this solid compound named Mix. P were shown to be equal to those of a lump of Loin- pork (M. longissimus dorsi). Consequently Mix. P is to be valuable phantom material for depth dose measurement and convenience wall material of ionization chamber.