32-136

頭頸部IMRTにおいて体型変化が線量に及ぼす影響について

○園田 泰章、山田 誠一、近藤 和人、山下 大輔、平田 祐希、中桐 正人、小見山 郁子、
清川 文秋
倉敷中央病院 放射線センター

【背景】頭頸部領域の放射線治療では、治療期間中に腫瘍、耳下腺の縮小、体重減少などの体型変化がみられることが知られている。体型変化により、正確な部位に正確な線量が処方されていない可能性があると考えられる。

【目的】頭頸部IMRTにおいて、治療期間中の体型変化が線量に及ぼす影響について検討した。

【方法】

使用装置　ClinaciX（Varian）
治療計画装置　Eclipse Ver8.9（Varian）
シェル　TypeS Thermoplastic masks（CIVCO）
枕　Vac-Lokクッション（CIVCO）

対象は、2010/10～2012/10までに当院で頭頸部IMRTを施行したうち、シェルの再作成を行わずに最後まで治療を行った18例（全例男性）で、平均年齢は66.4±8.8歳、治療開始時の平均体重は63.5±12.4 kgであった。

治療開始2週間前に撮影したCT画像（CT1）で作成した全頸部IMRTプラン（plan1：25回）を、治療15回目時点で撮影したCT画像（CT2）にコピーして再計算を行い、plan2を作成した。plan2は、15回目までに生じた実際の体型変化を考慮したplanであると考え、plan1とplan2を比較した。

検討項目は、
1）15回終了時での各volumeの変化、
2）治療16～25回目の10回の間でのdoseの変化、
3）体重変化とvolume、doseの変化の相関関係、
の3項目で、PTV、脊髄、耳下腺（患側、健側）についての検討を行った。耳下腺については患側、健側の区別ができる11例での検討とした。相関関係の決定には、スピアマンの順位相関係数r_sを用いた。

【結果】

1）plan1に対するplan2の体重変化の平均は−4.36％で、各Volumeの変化はPTV＝−2.48％、患側耳下腺＝−17.66％、健側耳下腺＝−10.4％であった。
2）plan1に対するplan2の増加線量（％、10回積算線量）は、脊髄max dose（6.23％、0.85Gy）、PTV mean dose（0.41％、0.08Gy）、PTV max dose（4.49％、0.98Gy）、患側耳下腺mean dose（13.39％、1.04Gy）、健側耳下腺mean dose（8.83％、0.66Gy）であった。
3）体重変化とvolume、doseの変化の相関関係についての結果のグラフを図1に示す。

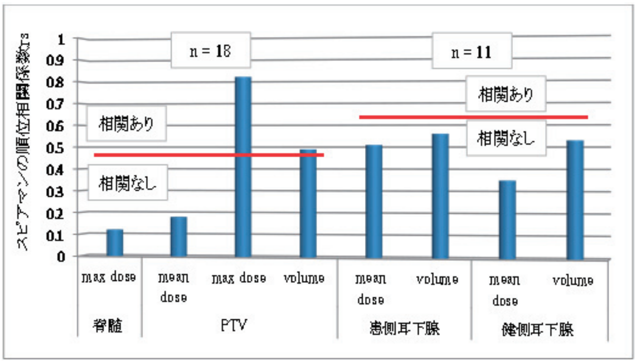


図1　体重変化とvolume、doseの変化の相関関係

図1より、体重変化との相関関係を認めたのは、PTV max doseと、PTV volumeであった。「相関あり」の判定は、スピアマン検定表より、n＝18（脊髄、PTV）のとき、$r_s \geqq 0.472$（P＞0.05）、n＝11（耳下腺）のとき、$r_s \geqq 0.618$（P＞0.05）とした。

【考察とまとめ】plan2では、plan1に比べて、PTV、耳下腺の体積が減少し、線量が増加傾向であった。

体重減少と相関関係を認めたのは、PTV max dose、PTV volumeで、PTV max doseに関しては、体重減少によるX線減弱の影響が、線量増加をきたしていると考えられる。

脊髄max doseは体重減少と相関関係は認めなかったが、線量増加を認めた。脊髄付近は線量勾配が急峻な為、体重減少によるset up精度低下の影響を受けやすいと考えられ、特に脊椎の角度の違いが線量に大きな影響を与えると考えられる（図2）。

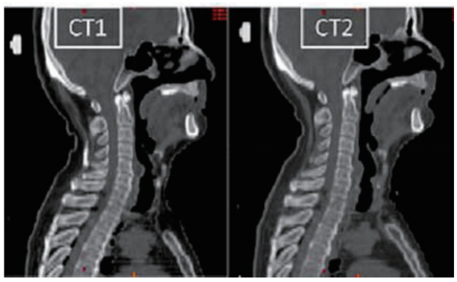


図2　同一患者のCT1とCT2の画像

今回検討を行った患者の体重を追跡してみると、15回終了した時点では−4.36％であるのに対し、治療終了時点（35回）では−9.39％であり、体重はほぼ直線的に減少していた。今回の結果より、15回終了時点でのCT画像を使用してその後の治療計画を行っても、その後に生じる体型変化に正確には対応できないと考えられる。

32-137 子宮頸癌放射線治療期間中に生じる標的の変化

○木村 雅司[1)]、佐々木 幹治[2)]、原 康男[2)]、福永 有希子[2)]、岸 太郎[2)]、生島 仁史[3)]

1）徳島大学大学院保健科学教育部、2）徳島大学病院診療支援部、
3）徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部

【背景および目的】

子宮頸癌新鮮例に対する根治的外部放射線治療に強度変調放射線治療を用いるには子宮の動きおよび腫瘍サイズの変化に対応する必要があるが、現在は十分に考慮されていない。そこで根治的放射線治療期間中に生じる標的の体積、腫瘍のapparent diffusion coefficient（ADC）値およびGTVと子宮の重心位置偏位からInter-fractional organ motion errorを評価した。

【方法】

根治的放射線治療を施行した子宮頸癌新鮮例8例を対象とした。年齢は30～89歳、FIGO病期はI/II/III期：1/2/5例であった。標的の設定は、GTVはMRI T2WI高信号域とし、CTV1は子宮＋GTVとした。放射線治療開始直前および開始後毎週MRI（T2WI、DWI）を撮像した。膀胱容量と子宮位置偏位の関係を評価するために、5名を1時間蓄尿で3名を排尿でMRIを撮像した。MR画像を放射線治療計画に利用するためにMR画像の歪み、contouring variation、image fusion精度の検証を行った。MR画像の歪みの検証は、あらかじめ位置の判っている標識物の標識間距離を求めて評価する。contouring variationの検証は、同一放射線腫瘍医によりCTV1のcontouringを10回繰り返し、CTV1の重心位置偏位を求めて評価した。image fusion精度の検証は、3次元放射線治療計画装置にて放射線治療計画CT画像とMR画像（T2WI）を融合し、X/Y/Z方向およびYaw/Roll/Pitch方向の骨構造の誤差を求め評価した。腫瘍のADC値はMRI装置で測定した。GTVと子宮の重心位置偏位からInter-fractional organ motion errorを求め、van Herkの式からInternal Marginを算出した。

【結果】

MRIファントム像の検証結果では、今回用いた撮像条件において標的が描出される範囲での画像の歪みは検出されなかった。

contouring variationの検証結果は、CTV1の重心位置偏位が許容範囲内であることを確認した。

image fusion精度の検証結果は、X/Y/Z方向およびYaw/Roll/Pitch方向のimage fusionを行った際の誤差が骨構造を基に1㎜、1°以内であることを確認した。GTVは放射線治療開始3週目までに急速に減少し、腫瘍のADC値は放射線治療終了時まで上昇傾向が持続した。CTV1の重心位置偏位によるInter-fractional organ motion error（平均値）はX/ Y/Z：2.74/2.92/5.68㎜であり、1時間蓄尿群（5例）のY方向の偏位量が排尿群（3例）より特に大きい傾向を示した（平均値X/Y/Z：3.15/4.02/5.84㎜ vs 2.00/0.96/5.39㎜）。

Internal Marginは1時間蓄尿群でX/Y/Z：5/11/12㎜、排尿群でX/Y/Z：7/9/8㎜であった。今回のInternal Marginを考慮したITVは毎週撮像したMR画像のCTV1を重ね合わせた容量を完全に補償できるものではなかった。

【結論】

子宮頸癌の放射線治療では放射線治療期間を通して標的の幾何学的・生物学的変化が生じており、子宮頸癌に対する強度変調放射線治療には子宮長軸の傾きの変化や急速に縮小するGTVへの対応が必要である。個々に異なる子宮長軸方向の傾きの変化が標的の重心位置偏位に大きく影響するため、CTV1重心位置偏位によるInternal Marginの設定は困難である。

32-138 前立腺がんIMRTにおける直腸ガスによる線量分布変化の解析

○河合 信太朗[1,2]、中島 健雄[1)]、相田雅道[1)]、越智 悠介[1)]、河原 大輔[1)]、奥村 拓朗[1)]、
増田 弘和[1)]、大野 吉美[1)]、隅田 博臣[1)]、小澤 修一[3)]、永田 靖[3)]
1）広島大学病院 診療支援部、2）広島大学大学院 医歯薬保健学研究科、
3）広島大学大学院 医歯薬保健学研究院

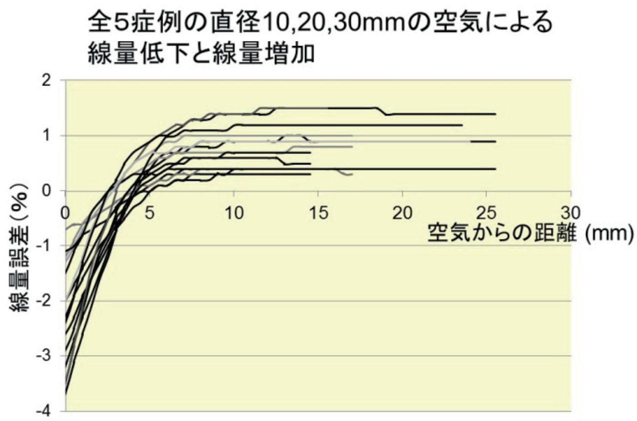
【背景】前立腺がんIMRTにおいて、治療中ターゲット近傍に直腸ガスが存在する場合、ターゲットの位置変動や変形、ガスによる線量分布の変化が考えられる。近年、IGRT技術の発達・普及により治療直前のターゲット付近の位置関係の把握、修正が可能となってきたが、ガスによる線量分布の変化はよく分かっていない。

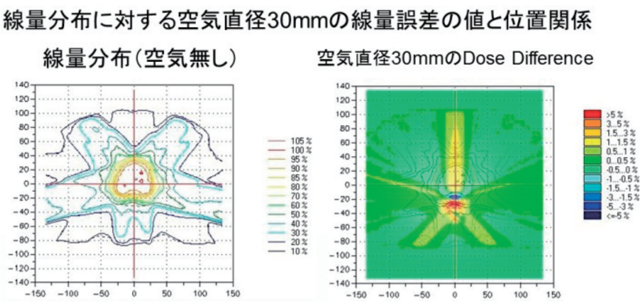
【目的】直腸ガスによる線量分布の変化に関してシミュレーションを行い、その影響について解析・検討を行った。

【使用機器】治療計画装置：Pinnacle^3 ver8.0（Philips社）計算アルゴリズム：CCCS（Collapsed Cone Convolution Superposition）、画像解析装置：Verisoft ver3.1（PTW社）

【方法】前立腺がんIMRTの治療計画について、isocenter面を中心として擬似的に前立腺直下に直径10㎜×5スライス（約1cc）、直径20㎜×7スライス（約5cc）、直径30㎜×9スライス（約15cc）の空気（直腸ガス）を作成してそれぞれ再計算を行った。スライス厚：2.5㎜、前立腺IMRTにおけるビーム角度：180, 255, 315, 45, 105度を用いた。検討項目について関心点（ポイント線量）としてisocenter、直腸前壁、前立腺直腸側と空気表面からisocenterまで0.5㎜間隔で線量をプロットした。また、isocenterの面線量評価にDose Difference（normalize value of 2Gy）を使用し、関心領域（ROI）にはPTV内の平均線量を用いた。

【結果】空気から距離が離れるに従いマイナスからプラスの値に線量誤差が変化した。直腸前壁は空気から1.5～2.5㎜の距離に位置しており線量誤差は5症例、ガス直径10㎜～30㎜全てのケースにおいて-1.5～0%の範囲でマイナスの線量誤差となった。前立腺直腸側は空気からの距離が3.1㎜～9.4㎜まであり、症例差が大きく、線量誤差も-0.7～1.5%と、空気からの距離に依存してプラスとマイナスの値を示した。isocenter線量は空気から14.6～25.5㎜と距離が離れており線量誤差も0.3～1.5%とプラスの値を示した。今回のケースではビームウエイトやガス体積にもよるが、空気表面から概ね2.5～5.0㎜で線量誤差はマイナスからプラスへ転じた。isocenter面での面線量分布から、直腸前壁付近の線量低下とisocenter付近の損料増加が確認された。PTV平均線量の線量変化は-0.5%～0.5%の範囲であった。





【考察】空気の存在による線量の増減が確認された。理由として180度方向ビームに対する再ビルドアップによる線量低下と実効深の低下による線量増加が考えられた。PTV平均線量で±0.5%以内であり、PTV最大線量でも1.5%以下であったことから、線量誤差として問題なくターゲットに対して線量処方が行える可能性が示唆された。また、PTV平均線量の低下がみられたケースでは空気の増加に伴う180度方向ビームによる線量増加よりも他方向ビームの側方散乱、後方散乱低下による線量低下の寄与割合が大きいためと考えられた。

【結論】直腸ガスが線量分布に与える影響について直腸前壁では線量低下、isocenter線量では線量増加が確認された。当院の37～39回照射のうち数回であればIGRT技術で前立腺照合を行うことで直腸ガスの存在下でも問題なく線量処方が行える可能性が示唆され、今後ターゲットの位置変動による影響を考慮に入れた検討の必要性が考えられた。

32-139 乳房温存術後放射線治療における線量分布の検討

○木村 洋史、入川 富夫、米田 猛
鳥取赤十字病院放射線技術課

【目的】現在当院の乳房温存術後の放射線治療は、接線照射にphysical wedgeを組み合わせて行っている。しかし、患者によっては、肺野に多くの線量が当たるなど満足のいく線量分布が得られない場合もある。今回、half fieldやvirtual wedgeなどを用いた照射法を再検討し、線量分布の改善を検討した。

【使用機器】
• 照射装置：PRIMUS Mid-Energy（SIEMENS・東芝社製）• 電位計：RAMTEC1000plus（東洋メディック社製）• 電離箱：TM30013（PTW社製）• 治療計画装置：XiO（ELEKTA社製）・PROFILER2（東洋メディック社製）

【方法】Ⅰ）検討項目の決定　Ⅱ）RTPSのファントム上で線量分布図を作成　Ⅲ）実際に治療を行った患者データを用いて線量分布を確認　Ⅳ）水ファントムを用いて実測　Ⅴ）PROFILER2を用いて実測

【検討項目】＊20 cm×8 cm ①full field ＋ physical wedge 30° ②full field ＋ virtual wedge 30° ③half field ＋ physical wedge 30° ④half field ＋ virtual wedge 30° ①を基準に②～④と比較
＊実際の患者データ ①full fieldとhalf fieldの比較 ②full field ＋ physical wedge 15° と half field ＋ virtual wedge（twin wedge）の比較

【結果】図1にRTPS上での仮想水ファントムによる線量分布の比較をしめす。half fieldのほうが95～107％領域を含み全体的に浅くなった。図2にPROFILER2で測定したbeam profileの比較をしめす。half fieldの肩が落ちているのは軸外線量によるものである。実際の患者データを用いて、full field ＋ physical wedge 15° の計画をhalf field ＋ virtual wedge（twin wedge）に変更してみたが、若干の肺野線量の減少がみられる程度にとどまった。その他多様なパターンで分布図を作成するも、劇的に線量分布を改善するには至らなかった。

【考察】やせ形で照射野に肺野が多く含まれる患者の場合、half fieldはfull fieldに比べて肺野線量を減らすことができた。これは軸外線量によるものであると考えられる。virtual wedgeは角度がphysical wedgeよりも細かく設定できる点と、half fieldを使用する場合はvirtual wedge一択になるという当院独自の理由において有用といえる。twin wedgeはもう少し有用だと予測していたが、計画の煩雑さに見合う効果があるとは言い難かった。しかしながら有効な症例がないともいいきれない。

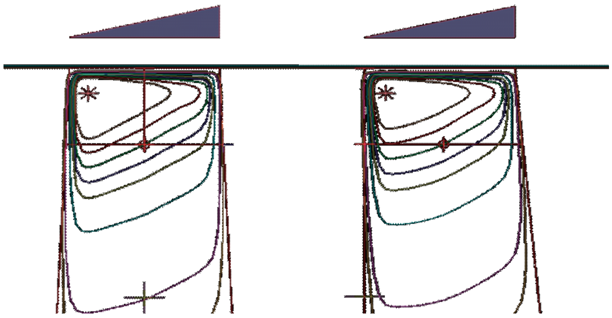


図1　RTPSでの比較 full field、half field

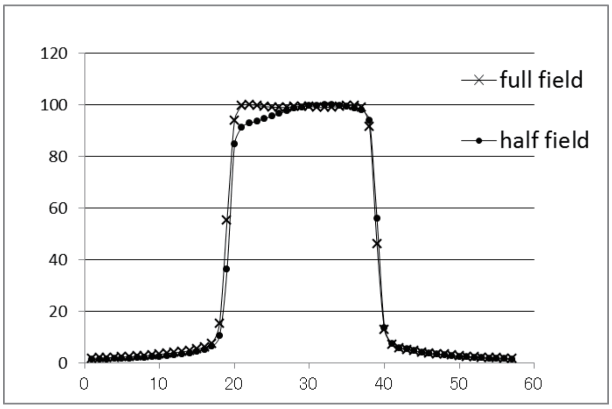


図2　PROFILER2におけるbeam profileの比較

【結語】
• half fieldが有用な症例が指摘できた。
• twin wedgeが有用だといえる症例を発見するには至らなかった。
• 一つのやり方に拘らず、線量分布の改善を検討し続けていくことが重要だと再認識した。
• 今回のようなデータの積み重ねにより、医師に進言しやすくなる。

32-140 皮膚表面塗布薬剤使用時の皮膚深部における線量評価及び考察

○明間 陵、横田 典和、佐々木 俊一、八百川 心、都築 明
高知大学医学部附属病院放射部

【目的】

現在本院において放射線治療中に放射線皮膚炎を起こした患者に対し、炎症の抑制及び疼痛の軽減等を目的に、クリームやローション等皮膚に塗布する薬剤が使用されることが間々ある。その為、薬剤が塗布された皮膚・部位に対し照射を行う機会も少なくない。皮膚表面に物質が存在すれば、多少の皮膚線量の変化が生じると考えられる。すなわち、放射線障害の発現の有無・程度に関わる可能性がある。よって、薬剤が塗布された状態を再現し、実測することによりその評価・考察を行う為本実験を行った。

【方法】

平行平板型線量計を用いて測定を行った。線量計の後方には50㎜厚のMix-DPファントム、前方には2㎜厚のMix-DPファントムを置いた。SCD100㎝、照射野10×10㎠、使用した放射線は4MVと6MVのX線及び9MeVと12MeVの電子線とした。2㎜厚のMix-DPファントム上にラップフィルムを置いたものをコントロールとし、ラップフィルム上に各薬剤（ケラチナミンコーワ軟膏20%、リンデロンVG軟膏0.12%、リンデロンVGローション0.12%、ユベラ軟膏、ハンドクリーム2種類、日焼け止め（SPF30・PA＋＋））を塗布して測定し、その差異を求めた。使用した各薬剤料は10×10㎠当たり約0.5gとした（Fig.1）。

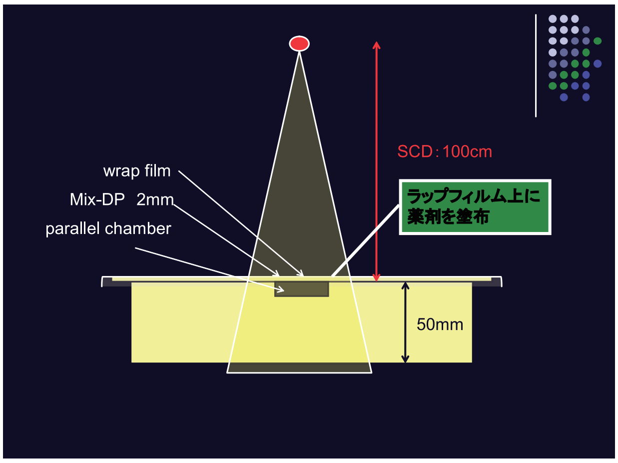


Fig.1 実験配置図

【結果】

4MVX線においては、クリーム状の薬剤においては塗布した場合コントロールとの相対値で＋0.3%～＋1.1%の差が生じた。リンデロンVGローションにおいては＋1.8%と若干だが差が大きく生じた。6MVX線では、クリーム状の薬剤においては＋0.3%～＋1.8%の差が生じた。同様にリンデロンVGローションにおいては＋2.16%と若干差が大きく生じた。9MeV電子線ではコントロールとの差は-0.7%～＋0.2%、12MeV電子線では-0.0%～＋0.3%であった（Fig.2）。

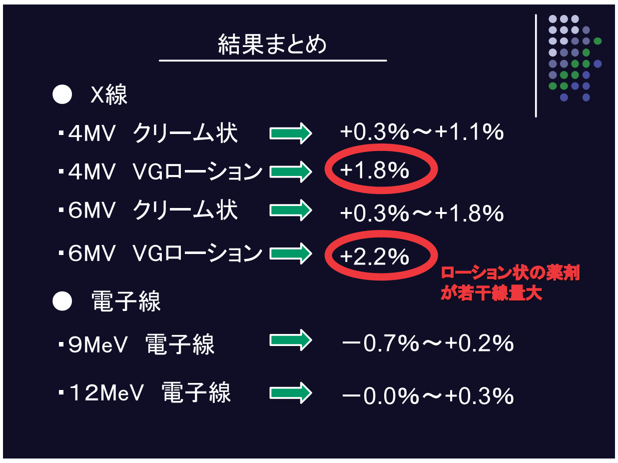


Fig.2 結果

【考察】

X線においては各エネルギー各薬剤において有意に差が生じた。特にリンデロンVGローションにおいては他と比べて差が大きく生じた。電子線において生じた差は測定誤差と考えられ、有意な差は生じなかった。リンデロンVG軟膏と比べリンデロンVGローションの方が線量が増加したことより、深部皮膚線量に影響を与える要素は各薬剤に含まれる薬効成分等による散乱によるものではなく、その形状・密度等に由来するビルドアップが関与していると考えられる。以上より臨床において薬剤を使用する場合、生じた線量増加は数%程度であり、薬剤の特異的な使用をしなければ大きな問題はないと考えられる。ただし、部分的に厚く使用された場合は多少の影響が生じることも考えられる。

32-141 放射線治療における皮膜剤による皮膚マーカー保護の有用性の検討

○伊達 香織、久保 圭、山本 竜次、横川 新吾、本田 弘文、重松 健吉、吉本 政弘
愛媛大学医学部附属病院

【背景】放射線治療分野において、放射線治療照準皮膚マーカー（以下、皮膚マーカーとする）の保護は重要な課題の1つである。当施設では皮膚マーカーとして、油性マジック（マイネーム 名前書き用 細字（サクラクレパス株式会社））・マーカーペン（ESD-34 細字（エスフォーム社））・フィールドマーカー（CM400-02（中部メディカル社））の3種類を用いていており、消えかかった場合には上書きを行っている。しかし、皮膚マーカーの上書きは精度の低下へと繋がってしまう。特に、近年多く用いられている強度変調放射線治療（IMRT）では、一連の治療期間が長い場合が多く、高精度維持のためにも皮膚マーカーの保護はより重要であると言える。また、皮膚マーカーが長く保護されることによって上書きの頻度が少なくなり、これらにかかる人員的・時間的・費用的コストの削減にも繋がると考えられる。

【目的】皮膚マーカーの保護には、皮膜剤の塗布が効果的であると以前から述べられてきた。そこで、今回当施設においても、皮膚マーカーの保護を目的とした皮膜剤の有用性について検討を行うこととした。

【方法】対象は26名（男性19名・女性7名）の健常ボランティアとし、実験部位は上腕部（15例）・上腹部（8例）・大腿部（2例）・前腕部（1例）を使用した。

脱脂処理としてアルコール等（消毒用エタノール液IP（健康製薬株式会社）・ワンショットプラス ヘキシジン（白十字株式会社））でマーキング予定の位置を拭いた後、各種皮膚マーカーを1.5 cmの長さでマーキングした。その上から皮膜剤（キャビロン 非アルコール性皮膜 1 mℓスティックタイプ（3M株式会社））を設定した5つの条件（塗布なし・初回のみ・4日に1回・3日に1回・2日に1回）に従い塗布していき、皮膚マーカーの認識が不可能になるまで皮膜剤の塗布を続け、消失するまでの期間を調べた。上書きを仮定したとき、初日の皮膚マーカーと同じ長さに戻すことが可能なものは持続している、不可能なものは消失していると判断することとした（Fig.1）。また、被験者にはマーク付近を擦らないようにすることなど、治療の際に患者に対する注意と同じ説明を行って理解してもらい、あとは普段通りの生活を心掛けてもらった。

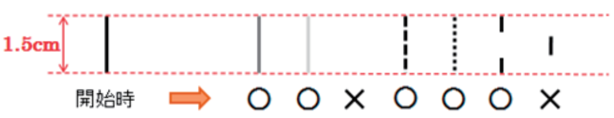


Fig.1 皮膚マーカー認識の判断基準例

【結果・考察】Fig.2より、すべての皮膚マーカーにおいて皮膜剤を塗布したものの方が長い持続期間になったことから、皮膜剤の塗布によって皮膚マーカーが保護されたと考えられる。塗布条件が同じ場合、持続期間が油性マジック＜マーカーペン＜フィールドマーカーの順で長くなったのは、皮膚マーカー単独の持続期間に依存したためではないかと示唆される。皮膜剤の塗布間隔が短くなるほど皮膚マーカーの持続期間が長くなる傾向になったことから、皮膜剤が薄くなる前に塗布されることによって、効果が保持しやすくなったと考えられる。

Fig.3より、塗布条件が同じ場合、持続率がフィールドマーカー＜マーカーペン＜油性マジックの順で高くなったことから、皮膚マーカーはある期間までは皮膜剤の効果を強く受けているが、持続期間が長くなり過ぎる場合、皮膚の新陳代謝の影響などにより効果が落ちてしまったのではないかと推測される。また、皮膚マーカー単独のものとの比較のため、その単独の持続期間が短いと数字上では持続率が高くなることにも影響を受けている。

今回の実験によって、被験者26人のうち1人に皮膚反応が生じた。このことより、皮膜剤使用の際には十分な注意が必要であるということが示唆された。

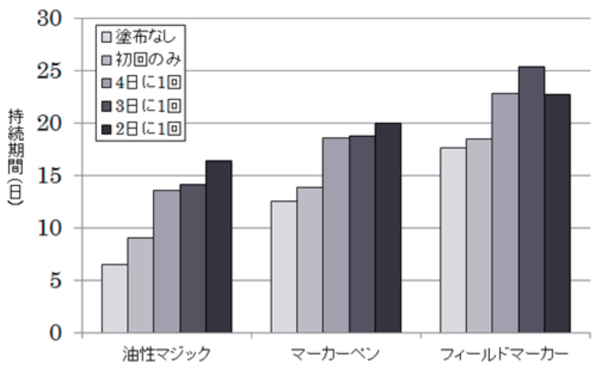


Fig.2 皮膚マーカーが消失するまでの持続期間

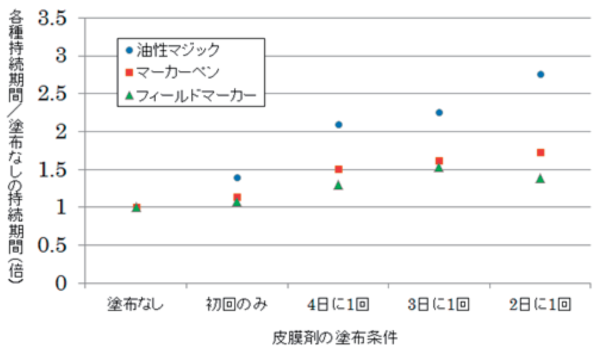


Fig.3 塗布なしを1とした皮膚マーカーの持続率