

中赤外分光用ヒト口唇粘膜ファントムの調製と評価

Preparation and evaluation of human lip mucosa phantom for mid-infrared spectroscopy

東北大院医工¹, 東北大院工², Norway Arctic Univ.³ ◦木野 彩子¹, (M2)伊達 政滋², Ine Larsen Jernelv³, 松浦 祐司¹

Grad. School of Med. Engineering, Tohoku Univ.¹, Grad. School of Engineering, Tohoku Univ.², Norway Arctic Univ.³

◦Saiko Kino¹, Masashige Date², Ine Larsen Jernelv³, Yuji Matsuura¹

E-mail: kino@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

体表部の中赤外減衰全反射 (ATR) 分光測定を用いて, 末梢毛細血管より組織細胞間質液へと滲出する代謝物の観測を行うことにより, 糖や脂質等の代謝物の血中濃度を無侵襲で得ることが期待される[1]. 得られたスペクトルの解釈には多変量解析が有効だが, より詳細な検討を行うには参照となる生体ファントムの存在が欠かせない. そこで, ヒト口唇粘膜で得られる赤外 ATR スペクトルを可能な限り再現するファントムの試作と評価を行った. また代謝物の一つである糖を現実的な血中濃度範囲でファントムに添加し, 多変量解析による濃度予測の可能性を確認した.

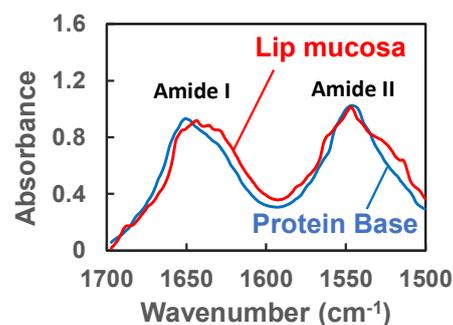


Fig.1 Absorption of amides I and II of lip mucosa and protein base.

2. ファントム調製および評価の方法と結果

口唇粘膜およびファントムの ATR 測定には, FTIR をベースとする系を用い, 多重反射台形 ATR プリズムの上下底面にサンプルを接触させてスペクトルを得た. ファントムの調製にあたって, タンパク質としては間質液中で含有量の多いアルブミンを主体とし, ゲル化を目的として加熱処理後のゼラチンを加え基材とした. まず波数 1647 cm^{-1} および 1545 cm^{-1} のペプチド結合に由来するアミド I, II の吸収ピークに着目し, 上記の 2 種の最適な濃度比を決定した. その結果, 図 1 に示すように濃度比 14.8 : 5.7 において, 口唇粘膜のスペクトルに最も合致する結果が得られた.

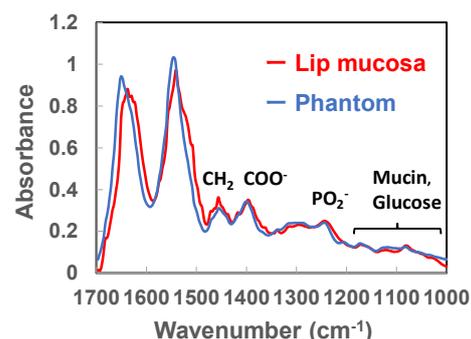


Fig.2 ATR spectra of lip mucosa and prepared phantom.

次に, 1000–1500 cm^{-1} 付近に存在するリン酸基や糖由来の吸収を再現するため, 間質液中に含まれる尿素やリン酸緩衝液, 粘液粘性の主体である糖タンパク質ムチンなどを添加したところ, 図 2 に示すように中赤外光吸収の指紋波数領域 1700–1000 cm^{-1} において実際の口唇粘膜との単相関 0.94 程度を持つファントムを得た.

上記の口唇粘膜ファントムに, 健常者の現実的な血糖濃度である 79–161 mg/dL の範囲で濃度を变化させてグルコースを添加し, 各々について ATR スペクトル計測を行った. 36 種類のサンプルについて, 糖の吸収波数帯域 1200–950 cm^{-1} における多変量解析を行った結果を図 3 に示す. 予測精度はまだまだ不十分であるものの, 採血による血糖の実測値を参照とした場合の口唇粘膜における予測と同程度の相関となり, 解析モデルの評価を行う上で不可欠な中赤外分光用生体ファントムとして一定程度の妥当性を示したといえる.

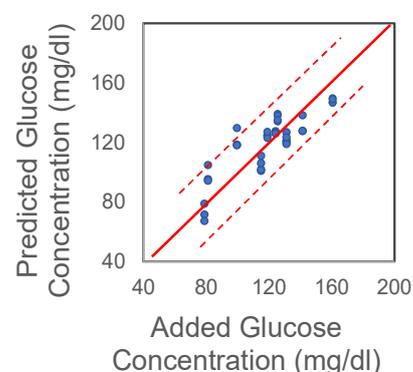


Fig.3 PLSR prediction of phantom glucose concentration.

3. 現状の課題と今後の展望

今回は空腹時の平均的な口唇粘膜スペクトルの再現のみを行った. 今後は摂食後の代謝の進行を反映した口腔粘膜試料を用いて同様のファントム調製を行いながら, 経時変化を大きく示す代謝生成物成分を探っていく予定である.

参考文献

1. S. Kino, et al. Biomed. Opt. Express 7, 701 (2016).