



HAL
open science

Modèle physique de muscle : Hydrogel PVA-AGAR pour mesures de bioimpédance à basses fréquences

Anna Bublex, Amalric Montalibet, Bertrand Massot, Claudine Gehin

► **To cite this version:**

Anna Bublex, Amalric Montalibet, Bertrand Massot, Claudine Gehin. Modèle physique de muscle : Hydrogel PVA-AGAR pour mesures de bioimpédance à basses fréquences. Recherche en Imagerie et Technologies pour la Santé, SFGBM, Jun 2024, Aubière, France. <hal-05018729>

HAL Id: hal-05018729

<https://hal.science/hal-05018729v1>

Submitted on 3 Apr 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

MODELE PHYSIQUE DE MUSCLE : HYDROGEL PVA-AGAR POUR MESURES DE BIOIMPEDANCE A BASSES FREQUENCES

Anna Bublex, Amalric Montalibet, Bertrand Massot, Claudine Gehin

INSA Lyon, Ecole Centrale de Lyon, CNRS,

Université Claude Bernard Lyon 1, CPE Lyon, INL, UMR5270 69621 Villeurbanne, France

anna.bublex@insa-lyon.fr, amalric.montalibet@insa-lyon.fr, bertrand.massot@insa-lyon.fr, claudine.gehin@insa-lyon.fr

Introduction

La spectroscopie d'impédance bioélectrique (BIS) permet d'évaluer la composition, la structure et les propriétés fonctionnelles des tissus vivants. En raison de la variabilité des mesures obtenues in vivo, des modèles physiques sont utilisés pour valider les capteurs de BIS. Les modèles physiques traditionnels de muscle présentent des limites en termes de stabilité et de propriétés mécaniques [1]. L'alcool polyvinylique (PVA), écologique et biodégradable, peut être employé pour créer un hydrogel aux propriétés mécaniques similaires à celles du tissu musculaire. Des hydrogels basés sur un mélange de PVA et d'agar ont été étudiés pour leur haute résistance mécanique [2]. La présente étude porte sur le développement d'un modèle physique éco-responsable de muscle utilisant un hydrogel composé de PVA, d'agar, de graphite et de NaCl, réticulé par des cycles de congélation/décongélation. Afin de caractériser et d'optimiser ce mélange, des échantillons présentant des concentrations variables en graphite ont été préparés. Ils ont ensuite été étudiés en termes de texture et d'impédance sur une plage de basses fréquences, dans le but de reproduire les propriétés du muscle vivant.

Méthode

La conductivité et la permittivité relative d'un échantillon peuvent être évaluées en effectuant des mesures d'impédance en géométrie contrôlée, comme ici dans des cellules de mesure standardisées de forme cylindrique (24 mm de diamètre et 50 mm de long) pourvues d'électrodes laiton revêtues d'or. Les valeurs de permittivité et de conductivité des échantillons ont été comparées avec les données de la littérature pour le muscle [3].

Trois échantillons ont été préparés selon la Table 1.

n°	PVA	Agar	Graphite	NaCl
00	15% p/p	1,5% p/p	10% p/p	0,3% p/p
01	15% p/p	1,5% p/p	15% p/p	0,3% p/p
02	15% p/p	1,5% p/p	20% p/p	0,3% p/p

Table 1 : Composition des échantillons

Les composants ont été mélangés à de l'eau désionisée dans un bécher et agités mécaniquement pendant 30 minutes à 90°C. Les mélanges obtenus ont été versés dans des cellules de mesure standard pour un cycle de congélation/décongélation (20h à -20°C puis 8h à 23°C). Les mesures de BIS ont été réalisées à basses fréquences (de 1 kHz à 1 MHz), avec un total de 100 points de mesure.

Résultats

Les courbes de BIS montrent un comportement de Cole (semi-arc de cercle) typique des tissus humains. Les valeurs de conductivité et de permittivité ont été comparées avec les données musculaires issues de la littérature [3] (cf. Figure 1), indiquant une similitude avec celles du muscle vivant.

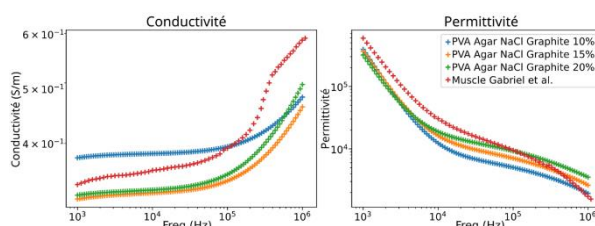


Figure 1 : Conductivité et permittivité des échantillons comparées aux données du muscle de la littérature

Les propriétés électriques des échantillons avec 15% p/p et 20% p/p de graphite sont assez similaires. Leurs propriétés mécaniques semblent proches d'une texture de tissu vivant au toucher. Après un seul cycle de congélation/décongélation, les propriétés mécaniques deviennent comparables à celles du PVA-C (Alcool polyvinylique cryogel, très utilisé pour les modèles physiques [4]) seul après deux cycles, et présentent une moindre rétractation au fil du temps.

Discussion

Les résultats obtenus sur ces échantillons d'hydrogel PVA-Agar dopés au graphite et au NaCl démontrent leur potentiel en tant que modèle physique de muscle, présentant des propriétés électriques similaires à celles des tissus vivants tout en conservant d'excellentes propriétés mécaniques. Tous les matériaux utilisés sont non toxiques, sûrs et respectueux de l'environnement. Les futures études se concentreront sur la stabilité des échantillons dans différentes conditions de stockage et sur l'évaluation des propriétés mécaniques.

Références

1. G. Anand et al, Materials Science and Engineering, 96:496-508, 2019
2. X. Sun et al, J Biomech, European Polymer Journal, 124:109465, 2020.
3. C. Gabriel, 1996
4. S. J.-S. Chen et al, Medical Physics, 39:554-561, 2012

Remerciements

Ce projet a été financé par le gouvernement dans le cadre de France 2030.

