

# Abstract

Cells form the fundamental building blocks of living organisms, and understanding the mechanical properties of the tissues they form has significant implications in cancer progression, wound healing and embryology. In this study, we present a two-dimensional model where each cell consists of particles connected by springs, working as perimeter forces, and a second term playing a role of area conservation. The purpose of our research is to investigate the mechanical parameters compatible with the micropipette aspiration of a group formed with these cells, and relate them with the macroscopic behavior of a tissue. To validate the accuracy of our cellular model, we conducted micropipette aspiration simulations on single cells. Our results demonstrate that a one-dimensional mechanical model can effectively describe the behavior of single cells. This finding suggests that macroscopic measures, such as cell stretch, can be used to extract microscopic cell parameters. Interestingly, we also observed that cellular activity does not significantly influence the mechanical properties of cells in this particular scenario. Moving beyond single cells, we extended our simulations to cell aggregates to explore their internal parameters. By subjecting cell aggregates to micropipette aspiration, we were able to map internal parameters that could potentially be applied to real cells. We found that, in our model, cellular adhesion does not impact the speed of viscous flow unless it is strong enough to completely obstruct the flow. Furthermore, we discovered a linear correlation between the minimum aspiration pressure required for cell aggregates to be aspirated in a continuous viscous-plastic flow and the strength of cell membrane adhesion. This finding highlights the potential importance of considering adhesive properties when studying cell aggregates and their behavior under force. In conclusion, our research contributes novel insights into the mechanical parameters of tissues, enhancing our understanding of cell tissue dynamics.

**Keywords:** cell movement; micropipette; cell simulation.

# Resumo

As células formam os blocos de construção fundamentais dos organismos vivos e entender as propriedades mecânicas dos tecidos que elas formam tem implicações significativas na progressão do câncer, na cicatrização de feridas e na embriologia. Neste estudo, apresentamos um modelo bidimensional onde cada célula consiste em partículas conectadas por molas, funcionando como forças de perímetro, e um segundo termo desempenhando o papel de conservação de área. O objetivo deste trabalho é investigar os parâmetros mecânicos compatíveis com a aspiração por micropipeta de um grupo formado por essas células e relacioná-los com o comportamento macroscópico de um tecido. Para validar a precisão de nosso modelo celular, realizamos simulações de aspiração por micropipeta em células individuais. Nossos resultados demonstram que um modelo mecânico unidimensional pode descrever efetivamente o comportamento de células individuais. Esse achado sugere que medidas macroscópicas, como estiramento celular, podem ser usadas para extrair parâmetros celulares microscópicos. Também observamos que a atividade celular não influencia significativamente as propriedades mecânicas das células neste cenário específico. Indo além das células individuais, estendemos nossas simulações para agregados celulares para explorar seus parâmetros internos. Ao submeter agregados celulares à aspiração por micropipeta, pudemos mapear parâmetros internos que poderiam ser potencialmente aplicados a células reais. Descobrimos que em nosso modelo a adesão celular não impacta a velocidade do fluxo viscoso a menos que seja forte o suficiente para obstruí-lo completamente. Além disso, descobrimos uma correlação linear entre a pressão mínima de aspiração necessária para que os agregados celulares sejam aspirados em um fluxo viscoplástico contínuo e a força de adesão da membrana celular. Esse resultado destaca a importância de considerar as propriedades adesivas ao estudar agregados celulares e seu comportamento sob força. Em conclusão, nosso estudo contribui com novos insights sobre os parâmetros mecânicos de tecidos, aprimorando a compreensão da dinâmica de tecidos celulares.