
Mechanické vlastnosti kosterního svalu

Mikrostruktura, mezostruktura (textura) a makrostruktura kosterního svalu

Základní stavební jednotkou kosterního svalu je svalové vlákno (svalová buňka). Několik vláken tvoří svalové snopečky, snopce a konečně anatomický sval. Základní „kostru“ tvoří vazivová tkáň, která na konci svalu přechází ve šlachy. Každá svalová buňka obsahuje jeden až dva tisíce paralelně uložených myofibril. Myofibrily jsou složeny ze sériově uspořádaných sarkomer oddělených Z-liniemi. Sarkomery jsou základními kontraktilními jednotkami svalu, jsou složeny ze svalových bílkovin – aktinu a myozinu spojených příčnými můstky v komplex zvaný aktomyozin. ([OBR 4BM 15](#))

Princip svalové aktivity

Aktivaci kontraktilního aparátu zahajují vzruchy přiváděné do svalu motorickými nervy. Motorické jednotky jsou tvořené jedním eferentním motoneuronem inervujícím jedno až tisíce svalových vláken. Spojení mezi motoneurony a svalovými buňkami je zprostředkováno nervosvalovou ploténkou, ve které se při dostatečné stimulaci nervovým vzruchem vybaví akční potenciál, který se šíří jako vzruchová aktivita od ploténky k okrajům svalových vláken. Akční potenciál buněčné membrány je pomocí transverzálních tubulů předáván terminálním cisternám sarkoplazmatického retikula, odkud jsou uvolněny molekuly Ca^{2+} , které prostřednictvím troponinu a tropomyozinu ovládají možnost vzniku vazeb mezi aktinem a myozinem. Celý proces je závislý na energii poskytované adenosintrifosfátem. Osamělý vzruch vyvolá svalové trhnutí, čím kratší je interval mezi podněty, tím větší je sumační odpověď svalového stahu. ([OBR 4BM 15](#))

Elektrická aktivita svalu ([Obr. B-Ot-6-1](#)) je obrazem nervosvalové excitace svalové tkáně na nervový podnět z CNS. Je zobrazením aktivního stavu svalu, kdy dochází ve svalové buňce k transformaci chemické energie na energii mechanickou a tepelnou. Dílčí akční potenciály, které přísluší jednotlivým depolarizačním procesům jednotlivých svalových buněk, interferují v signál, který je snímán na povrchu těla a má charakteristický tvar a průběh. Pro srdeční sval se nazývá elektrokardiogram (EKG), pro kosterní sval [elektromyogram](#) (EMG).

Hillova rovnice a křivka svalové kontrakce, Hillův model

Hillova rovnice vychází z energetické bilance svalové kontrakce, při které se kromě vlastní mechanické energie uvolňuje v důsledku probíhajících chemických reakcí také teplo. Výkonová bilance při zavedení konstant úměrnosti pak představuje vlastní Hillovu rovnici. (OBR4BM17)

Zobrazením Hillovy rovnice v souřadném systému v-F je Hillova křivka popisující výkonové charakteristiky kosterního svalu. ([Obr. B-Ot-6-9](#)) Popisuje funkci svalu v brzděném a hnacím režimu a je z ní možné odvodit aktuální mechanický výkon produkovaný svalem v závislosti na vnější zátěži a aktivním stavu svalu. Při zvýšené míře stimulace se zvyšuje izometrická síla, maximální rychlost kontrakce ale zůstává stejná. S přibývajícím stupněm schopnosti konat velmi rychlou kontrakci klesá schopnost přenášet vyšší silové zatížení. Každý bod na křivce příslušející určitému stupni stimulace představuje vlastní režim kontrakce. Plocha obdélníku F.v odpovídá příslušnému výkonu. Maximální výkon je dosažen při zatížení svalu třetinovou silou, než je síla odpovídající maximální izometrické kontrakce při daném stupni stimulace. Účinnost svalu je asi 17%.

Hillův model svalu je tvořen sériovým elastickým prvkem představujícím viskoelastické vlastnosti aktivního (excitovaného) svalu (vazby aktinu a myozinu) a paralelním prvkem, zastupujícím vlastnosti relaxovaného svalu (vazivová tkáň, cévy a inervace). ([OBR 4BM 17](#)) ([Obr. B-Ot-6-21](#)).

Vlastnosti pasivního a aktivního svalu

Aktivní sval se vyznačuje vyšší tuhostí než sval pasivní (bez nervosvalové stimulace). Tuhost svalu narůstá se stupněm excitace. Nárůst síly, kterou je sval schopen přenášet aktivní kontrakci, je závislý na míře aktuálního protažení svalu. Schopnost svalu působit aktivní sílu pro přenášení břemene totiž závisí na míře zasunutí aktomyozinového komplexu, tedy na délce sarkomery. ([OBR 4BM 16](#))

Svalová kontrakce a její druhy

Podle vnějších projevů svalové kontrakce je ustáleno rozlišovat několik základních druhů kontrakce. Jedním kritériem je, zda při aktivní činnosti svalu dochází k jeho zkracování (koncentrická kontrakce), vzdálenost úponů se nemění (izometrická kontrakce) nebo břemeno, které je příslušným svalem „neseno“ působí na sval silovou zátěž převyšující schopnost svalu se zkracovat, proto dochází k prodlužování svalu i přes to, že je aktivně „kontrahován“ (excentrická

kontrakce). Dalším kritériem může být, jakou rychlostí dochází ke svalové kontrakci. Zvláštní případ, kdy je rychlost zkracování po celou dobu konání kontrakce stejná, nazýváme izokinetickou kontrakcí. Dalším, spíše teoretickým případem svalové kontrakce, je izotonická kontrakce, kdy je silové působení na úponovou šlachy svalu konstantní v průběhu celé kontrakce.