

# КООРДИНАЦИЈА НА МУСКУЛНИОТ СИСТЕМ



УДК: 796.015.52:796.012.424

## Александар Ацески

Факултет за физичко образование, спорт и здравје,  
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје  
е-пошта: aceskiaceski@gmail.com

## Александар Туфекчиевски

Владимир Вуксановиќ  
Катерина Спасовска

## АПСТРАКТ

Мускулот е многу сложен систем каде што биоелектричниот потенцијал се трансформира во биохемиски, а биохемискиот во биомеханички, со што се овозможува движење.

И најелементарните и сложени движења се изведуваат преку постојано координирано дејствување на мускулите.

Познавањето на координацијата на мускулниот систем при изведувањето на движењата е од суштинско значење за правилно планирање, програмирање, реализирање на физичката активност, како и утврдување на ефектите од примената на физичката вежба.

**Клучни зборови:** агонист, антагонист, фиксатор, неутрализатор, физичка вежба, движење.

## MUSCULAR SYSTEM COORDINATION

Aleksandar Aceski, Aleksandar Tufekcievski,  
Vladimir Vuksanovic, Katerina Spasovska  
Faculty of physical education, sport and health  
State University – Ss. Cyril and Methodius” –  
Skopje

## ABSTRACT

The muscle is a very complex system where bioelectric potential is transformed into biochemical, and biochemical into biomechanical, whereby a movement is allowed.

Both elementary and complex movements are performed through constant coordinated action of muscles.

Knowing the coordination of the muscular system while performing movements is essential for proper planning, programming, implementation of physical activity, as well as determining the effects of the application of physical exercise.

**Key words:** agonist, antagonist, fixator, neutralizer, physical exercise, motion.

## ВОВЕД

**В**о човечкото тело се присутни околу 640 скелетни мускули, што претставува 30-42% од вкупната тежина на човекот. Мускулот е место каде што биоелектричниот потенцијал се трансформира во биохемиски, а биохемискиот во биомеханички, со што се овозможува движење. Деловите на телото се движат под дејство на внатрешни и надворешни сили. Акцијата на скелетните мускули е внатрешната сила која е одговорна за движењата и положбите на коскените сегменти од телото. Овие мускули се споени со коските и поминуваат преку зглобовите, а се конструирани од попречно набраздени мускулни влакна, што не е случај со срцевиот мускул и мазните мускули на крвните садови, дигестивниот и уринарниот тракт.

## Координација на мускулниот систем

Координацијата на мускулниот систем непосредно е поврзана со здруженото дејство на повеќе мускули во еден моторен акт. Централниот нервен систем го управува, контролира и го регулира мускулното дејство истовремено на поголем број мускули кои може да имаат различна улога. Во човечкото тело скелетните мускули никогаш не се активираат изолирано. Тие со нивното здружено дејство, односно со нивната синергија овозможуваат реализација на моторните задачи. Дури во наједноставните движења во зглобовите се активираат голем број мускули кои честопати може да се оддалечени еден од друг. Мускулната сила на поединечен мускул различно се манифестира на мускулните споеви на коската, а со тоа и во зглобот. Но, ако се земе предвид синергистичкото дејство на повеќе мускули, тогаш мускулната сила претставува нивна резуланта, која врши движење околу определена оска во зглобот во дадена рамнина. Мускулната координација е основниот услов за рационално дејство на мускулниот систем. Кај секое елементарно и сложено движење сите ангажирани мускули немаат иста улога. Во зависност од улогата, едни може да дејствуваат како агонисти, други како антагонисти, трети како фиксатори и четврти како неутрализатори (слика 1).

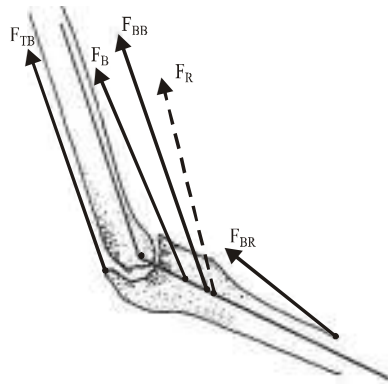


Слика 2. Улогата на мускулите во движењето

**Агонисти** или протагонисти се оние мускули кои ја вршат главната улога кај движењето. Тие со мускулната контракција преку коскениот систем го започнуваат движењето во зглобот и во зависност од целта може да дејствуваат со различен интензитет, односно со различен број на физиолошки моторни единици. На слика 2 се прикажани флексорите (свиткувачите) во зглобот на лактот кои се агонисти кога се врши флексија (свиткување) во зглобот. Двоглавиот мускул на надлактиотот *m. biceps brachii* ( $F_{BB}$ ), надлактиотниот мускул *m. brachialis* ( $F_B$ ) и брахиорадијалниот мускул *m. brachioradialis* ( $F_{BR}$ )

заедно дејствуваат на различни правци и со различни интензитети, но нивното резултантно дејство е флексија (свиткување) во зглобот на лактот.

Улогата на агонистите е прикажана и на слика 1, каде што одведувањето (абдукција) во зглобот на рамото го врши делтоидниот мускул *m. deltoideus*.



Слика 2. Ефектот од дејството на мускулите (резултантна сила)

**Антагонисти** се оние мускули кои се лоцирани од спротивната страна на зглобот во однос на агонистите. Кога агонистите се скратуваат, тогаш антагонистите се растегнуваат (издолжуваат). Во најголемиот дел од амплитудата антагонистите се релаксирани и не се спротивставуваат на агонистичкото дејство на другите мускули. Во примерот на слика 2 антагонист е триглавиот мускул на надлактиотот *m. triceps brachii* ( $F_{TB}$ ) кој при флексија (свиткување) во зглобот на лактот содејствува во точното изведување на движењето на подлактицата, ја регулира брзината и на крајот од амплитудата врши запирање на движењето со што се штити зглобот од повреда. Ова е принципот на дејствување на сите антагонисти каде важи правилото на реципрочна инервација. Имено, кога движењето започнува тогаш антагонистите рефлексно се опуштаат, а потоа со нивното растегнување рефлексно се напрегаат, така што на крајот од движењето напрегањето е толку големо што претставува механичка причина за негово запирање.

На слика 1, е прикажан најширокиот грбен мускул *m. latissimus dorsi* како антагонист бидејќи се спротивставува на вршењето абдукција (одведување) од страна на делтоидниот мускул *m. deltoideus*.

**Фиксатори** се оние мускули кои вршат фиксирање на некои делови од телото со цел да се создаде цврста основа за дејство на агонистите. Овие мускули дејствуваат со изометриска контракција и може да бидат распоредени од сите страни на зглобот. На пример, кај одењето и трчањето за цело време со изометриска контракција на абдукторите (одведувачите) во зглобот на колкот карлицата се фиксира со стојната нога за да не се преврти од страната на замашната нога. Или, кога се врши директен удар со рака во бокс или карате, тогаш флексорите (свиткувачите), екстензорите (испружувачите), абдукторите (одведувачите) и аддукторите (приведувачите) во зглобот на шаката со изометриска контракција вршат фиксирање на подлактицата со шаката (тупаницата).

Улогата на мускулите фиксатори е прикажана и на слика 1 каде трапезниот мускул *m. trapezius*, ја фиксира лопатка со цел делтоидниот мускул *m. deltoideus* да го изврши движењето непрекинато и ефикасно.

Еден мускул е во улога на **неутрализатор** кога ги блокира другите функции на еден агонист. Имено, како што има зглобови со повеќе степени на слобода (двоосовински и триосовински), исто така, има мускули кои може да вршат различни движења во ист зглоб. Типичен пример е двоглавиот мускул на надлактицата *biceps brachii* кој во зглобот на лактот е флексор (свиткувач) и супинатор (одвртувач). Така, кога се врши флексија (свиткување) во зглобот на лактот за да се неутрализира супинаторското дејство на двоглавиот мускул на надлактиотот *m. biceps brachii* неопходно е активирање на пронаторите во зглобот на лактот (мускулот валчест превртувач *m. pronator teres* и мускулот квадратен превртувач *m. pronator quadratus*).

Исто така на слика 1, е прикажано неутрализирачкото дејство на малиот валчест мускул *m. teres minor*, кој преку надворешна ротација ја неутрализира внатрешната ротација на најширокиот грбен мускул *m. latissimus dorsi*.

Имајќи ги предвид различните улоги на мускулите, функционалната класификација на секој мускул се врши врз основа на конкретното негово дејство во одделно движење, па дури и во одделна фаза на движењето. За едно движење два мускули можат да бидат агонисти, а за друго антагонисти. Дури и кај едно исто движење одреден мускул може да биде во почетокот агонист и постепено да ја менува својата функција во фиксатор, па дури и во антагонист. Можноста на еден мускул да учествува во различни движења, а при едно движење да ја менува неговата улога е резултат од анатомската градба на зглобовите (кои може да бидат со повеќе степени на слобода на движење) и од косата положба на мускулите во однос на механичките (надолжни) оски на коските. Мускулите кои може да извршат движење само во еден правец се многу малку, наспроти големиот број кои дејствуваат во два или три правци со безброј комбинации за движења. Саканото движење во најголем број случаи се реализира со комбинираното дејство на неколку мускули во правецот на резултантната мускулна сила  $F_R$  (слика 2).

Едно од најбитните својства на човечкиот локомоторен систем е можноста за координирано дејство на мускулите во движењето каде со минимален број на мускули се вршат максимален број движења. Како пример ако се земе долгата глава на надлактиот мускул *m. biceps brachii*, таа во зглобот на рамото врши антефлексija (подигнување на раката напред пред главата), а во зглобот на лактот флексија (свиткување) и супинација (одвртување). Исто така, дејството на еден мускул кај елементарно движење е поголемо во почетната, а на друг во завршната фаза од движењето. Типичен пример за сукцесивно дејство на агонисти (синергисти) е кај абдукцијата (одведување) во зглобот на рамото, каде што почетното движење до  $30^\circ$  е резултат на дејството на надгребениот мускул *m. supraspinatus*, а другиот дел до хоризонтала е резултат на дејството на делтоидниот мускул (*m. deltoideus, pars acromialis*). Подигнувањето на раката до вертикала не е можно да се изврши во зглобот на рамото, туку амплитудата се црпи од другите зглобови и делови на раменскиот појас, каде се вклучуваат други мускули кои во зглобот на рамото немаат директна функција.

## ЗАКЛУЧОК

Координацијата на мускулниот систем се однесува на тоа како мускулите работат заедно за да се изврши посакуваното движење на човекот.

Без оглед на тоа дали движењето се изведува во еден зглоб или во повеќе зглобови, станува збор за сложено координирано (оркестрирано) дејствување на повеќе мускули под диригентската палка на централниот нервен систем.

Познавањето на улогата на мускулите во физичката вежба, меѓусебната координација и степенот на нивната активација, е од голема важност за правилното планирање, програмирање, реализирање на физичката активност, како и утврдување на ефектите од примената на физичката вежба.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ацески, А., и Туфекчиевски, А. (2011). *Визуелен речник по биомеханика*. Факултет за физичка култура – Скопје.
- Watkins, J. (2014). *Fundamental biomechanics of sport and exercise*. Routledge.
- Enoka, R. (2015). *Neuromechanics* 5<sup>th</sup> edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
- McCaw, S. (2014). *Biomechanics for dummies*. John Wiley & Sons, Inc.
- McGinnis, P. (2013). *Biomechanics of sport and exercise* 3<sup>th</sup> edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Туфекчиевски, А. И Ацески, А. (2009). *Биомеханика* – второ проширено и дополнето издание. Факултет за физичка култура – Скопје.
- Hamill, J., Knutzen, M.K., & Derrick, R.T. (2015). *Biomechanical basis of human movement* 4<sup>th</sup> edition. Lippincott Williams & Wilkins.