KRÓL, H., GOLAS, A. SOBOTA, G. (2010) “Complex analysis of movement in evaluation of flat bench press performance” *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Vol. 12, No. 2, pp.93-98.

Biomechanics Laboratory, University School of Physical Education, Katowice, Poland.

Для изучения структуры движения жима штанги лежа была использована комплексная методология исследования. Мы проверили качество работы мультимодульной измерительной системы (SMART-E, BTS, Италия) и специального устройства для отслеживания положения штанги (пантографа). Программное обеспечение Smart Analysis использовалось для создания базы данных, позволяющей сравнить выбранные параметры. Результаты, полученные различными измерительными системами, оказались очень похожими, поэтому замена многих устройств одной мультимодульной системой является разумным шагом. В нашем исследовании был отчетливо виден эффект повышенной массы штанги на активность мышц и кинематику штанги при выполнении жима штанги лежа. Чем больше масса штанги, тем больше электрическая активность мышц плечевого пояса, и вертикальная скорость штанги. Было также подтверждено присутствие так называемой мертвой точки (периода) во время концентрической фазе жима. В нашем исследовании, скорость штанги снижалась до v_{min} не только при субмаксимальных и максимальных нагрузках (90 и 100% от 1RM), но и при несколько более легких весах (70 и 80% 1-RM) .

Ключевые слова: BTS измерительная система Smart-E, электромиография, пантограф, жим штанги лежа

ВВЕДЕНИЕ

Информация о пути двигательного действия необходима для его анализа. Эта информация получается путем визуального наблюдения тренера или учителя. Сбор информации требует от тренера иметь определенные способности к наблюдению за двигательным действием. Тем не менее, наблюдение не является надежным методом, поэтому в научных исследованиях двигательных действий используется запись или измерение различных параметров. Двигательные действия оцениваются с использованием ряда доступных биомеханических методов. Комплексная методология исследований несколько раз использовалась нами для изучения двигательной структуры в тяжелой атлетике [1]. Регистрация как внешних (кинематики и кинетики), так и внутренней (биоэлектрической активности мышц) структуры рывка была осуществлена при одновременном использовании динамографической платформы, электромиографии, гониометров, видеокамеры и других специальных устройств. Техника движений была описана на основе результатов используемых методов. Мы сосредоточили свое внимание на ошибках, а также на изменениях в структуре движения в результате изменения нагрузки. SANTANA et al. [2] изучал изменения в позвоночнике и кинематики правой руки (давление рук) посредством методики электромагнитного слежения. Эта методика была синхронизирована с записью ЭМГ различных мышц плечевого пояса и туловища во время жима штанги стоя (SCP). При максимальных отягощениях (1-RM) при выполнении SCP одной рукой, активность мышц левой внутренней косой и левой части широчайшей мышцы спины были аналогичны активности anterior deltoid (передней дельтовидной) и pectoralis major (большой грудной) при жиме штанги лежа. Результаты исследования, указывают, что сила мышц груди не является самым важным фактором при жиме из положения стоя. Еще одно исследование, используя несколько методов измерения, проводили REQUENA и соавт. [3]. Они изучали эффект посттетанического потенцирования (PTP), индуцированного в pectoralis major (большой грудной мышце) и triceps brachii (трехглавой мышце плеча) посредством высокочастотной субмаксимальной чрескожной электрической стимуляцией (PES) при выполнении жима штанги средней и максимальной мощности. REQUENA et al. предложили, что приложение PES не является эффективным стимулом для увеличения производительности жима штанги лежа. Одновременно наблюдалось большое разнообразие индивидуальных ответов. Чтобы выделить фазу опускания (эксцентрическую) и подъема (концентрическую) во время жима лежа LAGALLY et al. [4] помещал гониометр на боковой поверхности локтя и контролировал сгибание и разгибание в локтевом суставе. Они собирали данные ЭМГ в качестве меры активности мышц, которые позволяли бы сравнивать ответ на нагрузку во время тренировки с отягощениями. В настоящее время очень популярным является метод видеозахвата (например, PEAK, QualiSys, Vidana), синхронизированный с другими методами измерения, что позволяет проводить комплексный анализ движения. В нашем исследовании мы проверили полезность мультимодульной измерительной системы (SMART-E, компании BTS, Италия) и специального устройства для отслеживания положения штанги (пантографа) в изучении структуры жима штанги лежа. Также мы сравнили результаты двух методов измерения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

2.1 . Испытуемые

В нашем исследовании приняли участие шестнадцать здоровых мужчин, имеющих различный уровень технического мастерства. Участники были проинформированы о целях исследования и до сбора данных они дали согласие на участие в эксперименте. Исследуемые выполняли жим штанги лежа (BP) с помощью свободных весов, используя технику «Начал и действуй». Все участники являлись любителями и выполняли жим в соревновательном стиле. Они сделали несколько повторений с большими, субмаксимальными и максимальными отягощениями в сочетании с широким спектром интервалов отдыха между подходами (от умеренного до длинного). Все исследуемые имели минимум один год занятий тяжелой атлетикой до исследований и результат в жиме лежа, составляющий, по крайней мере, 100% от их массы тела. В этом исследовании представлены результаты одного из испытуемых.

2.2. Методики исследования и сбор данных

После общей разминки, испытуемые выполняли специфическую разминку, которая состояла из двух сетов по 6 повторений жима штанги лежа. Во время тестовой сессии, исследуемые выполняли пять сетов жима штанги лежа с повышением отягощения вплоть до максимума (1-RM) (максимальный вес, тот, который исследуемый мог поднять только один раз). Этот показатель (1-RM) был записан в качестве максимального отягощения, которое может быть зарегистрировано на всем диапазоне движения только один раз. Значение 1-RM был использовано для определения отягощений с другой интенсивностью, которые были использованы в ходе сессии тестирования. Эта сессия включала четыре подхода одного повторения жима штанги лежа с 70, 80, 90 и 100 % от максимума(100 , 115, 130 и 145 кг, соответственно). Периоды отдыха по 2-5 минут между испытаниями позволили исследуемым избежать мышечного утомления. При выполнении жима штанги лежа исследуемый находился в положении лежа, голова и туловище опирались на скамью, колени были согнуты и ноги стояли на полу. Положение рук на грифе штанги не менялось – расстояние между ладонями составляло 81 см для всех задач. Это максимальная величина, которая разрешена правилами IPF. Один научный сотрудник действовал как ассистент и располагался сзади скамейки в случае, если исследуемый не мог успешно поднять вес. Исследуемые выполняли хват грифа на равном расстоянии от середины, затем выпрямляли руки и в течение одной секунды держали штангу над серединой груди. После этого медленно опускали штангу, касались груди на уровне соска, а затем выполняли жим штанги вверх, пока оба локтя не были полностью разогнуты. Кроме того, во время выполнения упражнения не было разрешено выполнять прогиб в позвоночнике («мост»). Главный исследователь визуально следил за завершением жима штанги, которое соответствовало полному разгибанию рук в локтевых суставах.

Электромиография. Перед выполнением жима кожа исследуемых была подготовлена для размещения поверхностных электродов. С этой целью до прикрепления электродов место размещения электродов на коже слегка отшлифовалось абразивной пастой и очищалось спиртом. Два одноразовых поверхностных электрода были помещены на расстоянии 2 см над моторными точками pectoralis major (большой грудной мышцы PM), anterior deltoideus (передней дельтовидной AD), triceps brachii (латеральной головки трехглавой мышцы плеча TB), а также latissimus dorsi (широчайшей мышцы спины LD) параллельно с ходом мышечных волокон. Все электроды оставались на месте до конца эксперимента (пока данные не были собраны после выполнения четырех попыток с разными отягощениями). Частота опроса ЭМГ-сигналов составляла 1 кГц и измерялась Pocked EMG System (компания BTS, Италия). Все активные каналы были одного и того же диапазона измерения, установленного обычно ±10 мВ. Аналоговый сигнал преобразовался в цифровой с 16-битным разрешением. После захвата сигналы немедленно передавались к ПК через Wi-Fi сети. После сбора данных, сигналы каждого эксперимнета хранились на жестком диске , а затем анализировались с помощью программного обеспечения SMART-Analyzer.

Измерительная система SMART и пантограф. Анализ многоплоскостного движения выполнялся посредством с измерительной системы Smart-E (BTS , Италия), состоящей из шести инфракрасных камер (120 Гц) и беспроводного модуля – Pocked EMG для измерения биоэлектрической активности мышц. Уровни активности PM, AD, TB и LD мышц во время жима штанги лежа были измерены посредством поверхностных электродов, помещенных над двигательными точками этих мышц во время фаз опускания и подъема штанги. Моделирование в 3D-пространстве, а также расчеты параметров проводились с Smart Software (SMART Capture, SMART Tracker и SMART-Analyzer, BTS, Италия). Эта современная система анализа движения позволяла комплексно регистрировать технику движения на основе назначенных кинематических параметров и внутренней структуры движения (регистрируемых сигналов ЭМГ). Множество пассивных маркеров, позволили рассчитать некоторые параметры движения штанги и исследуемого. Точность измерения после процесса калибровки составляла: 0,4 мм – это была точность измерений, то есть расстояние между двумя маркерами в 3D. Одновременно отслеживалось положение грифа штанги посредством специального устройства (пантографа[1]) и выявлялись фазы опускания и подъема для расчета кинематических и кинетических параметров и, прежде всего, для сравнения результатов различных систем измерительного ком-

[1] Конструкция и принципы работы пантографа описаны в деталях в статье NAWRAT [5].

плекса. Все измерения, а также результаты были синхронизированы во времени посредством блока центральной обработки.

Обработка данных электромиографии. Электромиографические сигналы фильтровали (полоса пропускания Чебышевского фильтра, 10-500 Гц), выпрямляли и интегрировали методом RMS (перемещение окна в 100 мс). IEMG (интегрированная ЭМГ (μVs)) была рассчитана для фазы опускания и подъема в каждой попытке.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Ясно видно влияние повышенной нагрузки на кинематику жима штанги лежа. Скорость штанги в течение эксцентрических и концентрических фаз жима с массой штанги в 100, 115, 130 и 145 кг представлена на рис. 1.

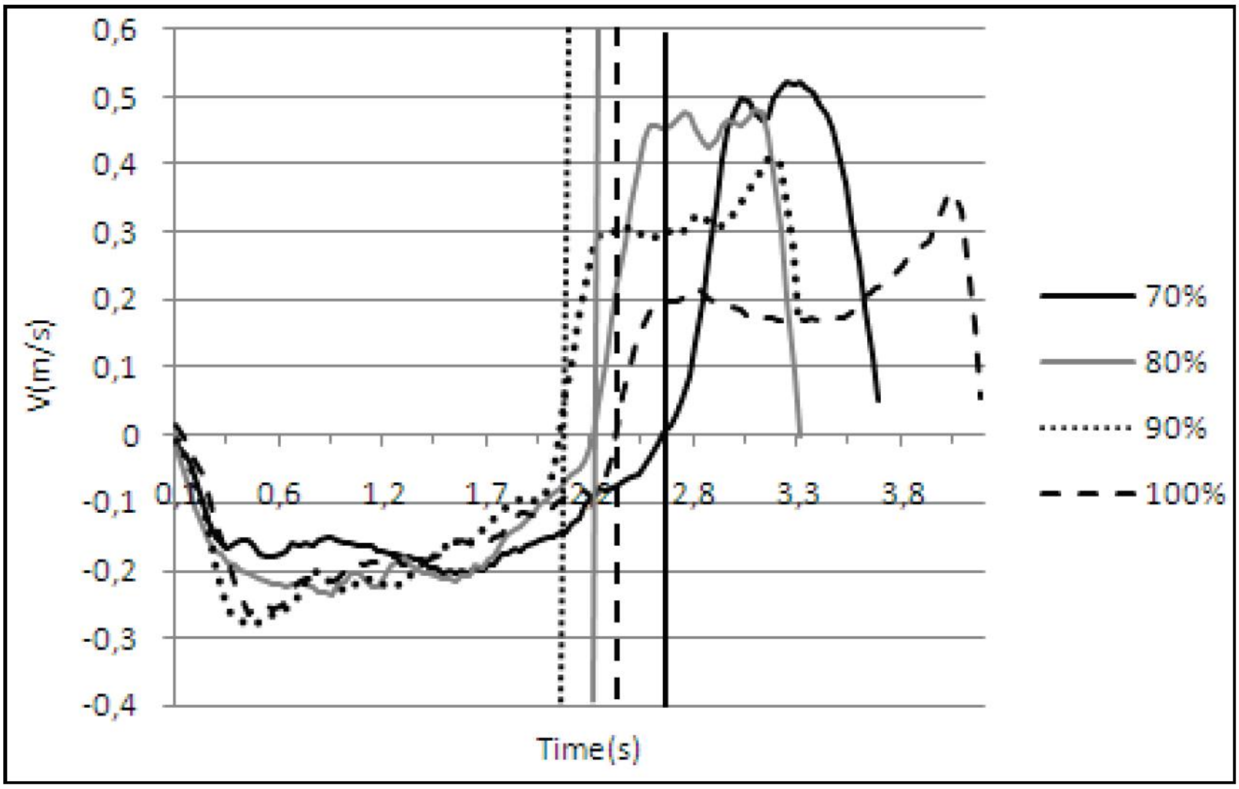

Рис. 1. Вертикальная скорость штанги (м/с) при выполнении горизонтального жима лежа с 70, 80, 90, и 100% от одного максимального повторения (1-RM)

Как можно видеть, она уменьшается в диапазоне абсолютных (относительных) 1-RM нагрузок. Скорость штанги незначительно отличается в эксцентрической фазе (фазе опускания). Во время жима лежа при более легких нагрузках (70 и 80% 1-RM) кривые скорости были различными, но в жиме лежа с отягощением в 90 и 100% 1–RM они были очень похожими. С повышением отягощения максимальная скорость в фазе подъема штанги уменьшалась.

Интересно, что так называемая «мертвая точка»[2] или мертвый период наблюдается в концентрической фазе жима. В нашем исследовании, мы наблюдали мертвый период при всех (четырех) нагрузках.

Уровень электрической активности большой грудной (pectoralis major) и передней дельтовидной мышцы (anterior deltoideus) при выполнении жима со штангой лежа от 100 до 145 кг были самыми высокими в эксцентрической фазе этого упражнения (рис. 2). Увеличение веса штанги (от 100 до 145 кг) также приводит к увеличению активности латеральной головки трехглавой мышцы плеча (lateral head of triceps brachii). С увеличением отягощения пиковый уровень активации трехглавой мышцы плеча был увеличен и «смещен» к началу концентрической фазы жима. В течение всего жима лежа со всеми нагрузками, активность широчайшей мышцы спины (m. latissimus dorsi) была небольшой.

Сравнение параметров, зарегистрированных в смарт-системе, а также посредством пантографа показывает, что полученные результаты находятся в хорошем согласии. Траектория ЦТ грифа и его скорости в вертикальной плоскости представлены графически (рис. 3) для обоих методов.

4 . ОБСУЖДЕНИЕ

[2] Это научное обозначение точки, в которой начальная скорость штанги после отрыва от груди уменьшается.

Современные методы измерения (SMART Pocked EMG), несмотря на их большую сложность, предлагают комплексное измерение внешней и внутренней структуры движения. В автоматическом процессе обработки данных, результаты простого движения могут быть получены почти мгновенно. Это очень важно для тренировочного процесса, потому что в короткое время спортсмен или тренер получает «обратную связь» о выполненном задании, а также информацию об ошибках выполнения движения.

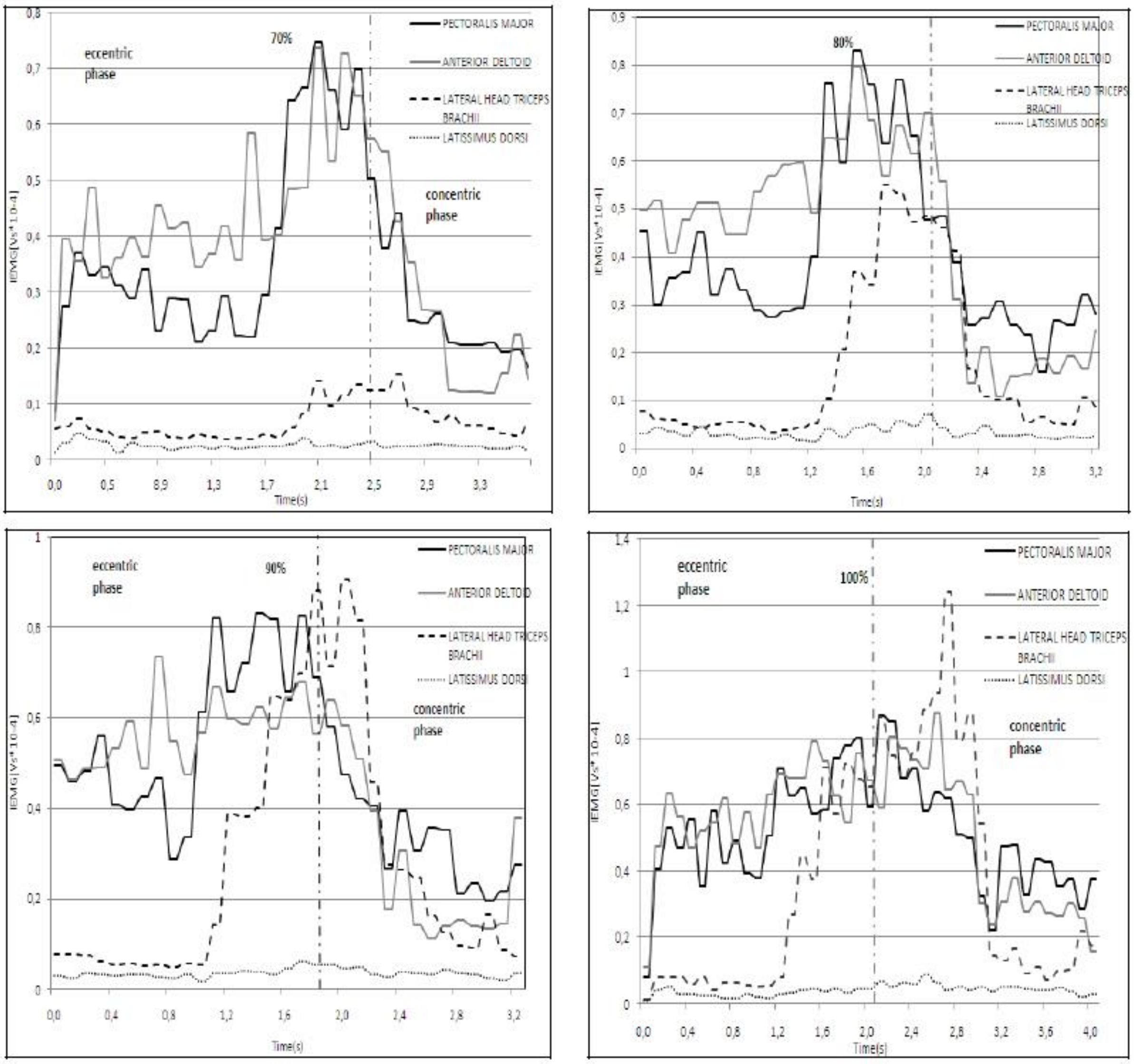

Рис.2. Внутренняя структура движения – интегрированная электрическая активность четырех мышц при выполнении жима штанги лежа с отягощением от 70 до 100% от максимума

Программное обеспечение SMART ANALYSER позволяет создать базу данных и сравнить выбранные параметры (например: технику начинающих спортсменов и технику спортсменов высокого класса).

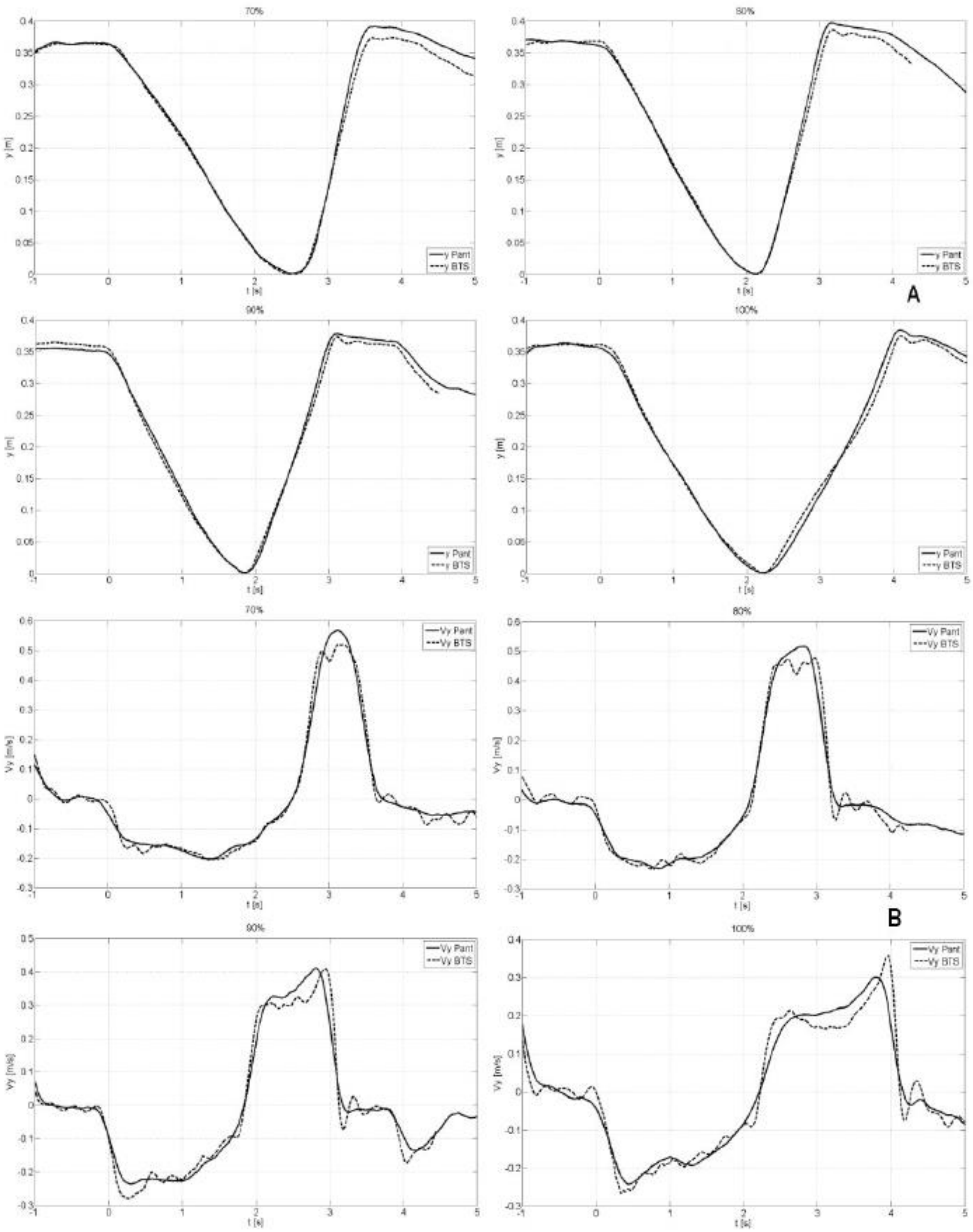

Рис. 3. Перемещение ЦТ штанги (А) и скорость ЦТ штанги (В) в вертикальной плоскости, полученные посредством пантографа (сплошная линия) и BTS (штриховая)

Результаты различных измерительных устройств очень похожи, поэтому замена многих устройств одной мультимодульной системой является разумным шагом. Во-первых, данные находятся в одном месте, во-вторых, они идеально синхронизируются.

Для анализа жима штанги лежа осуществлялась синхронизация нескольких модулей (измерительных устройств) с целью регистрации внешних и внутренних (ЭМГ) характеристик. Был отчетливо виден эффект увеличения нагрузки на активность мышц во время жима штанги лежа. Чем больше нагрузка штанги, тем выше электрическая активность мышц (рис. 2). Результаты этого исследования свидетельствуют о том, что во время эксцентрической фазы при любом отягощении в жиме штанги лежа высокую активность проявляют мышцы: pectoralis major и anterior deltoideus. Pectoralis major активна по-разному когда штанга движется вниз (эксцентрическая фаза), касается груди и останавливается перед движением вверх [7]. В этих последних исследованиях, максимальная активность pectoralis major отмечается в концентрической фазе жима. По мнению SANTANA et al [2] при выполнении жима лежа с максимальным отягощением (1-RM), большая грудная и передние пучки дельтовидной активны значительно больше, чем другие мышцы туловища. WELSCH et al. [8] пришли к выводу, что обе мышцы, достигают одинакового уровня активности в концентрическую фазу. Это также подтверждается нашими данными. Van den TILLAAR и ETTEMA [6] считают, что ... «Исследования показали, что только грудные и передняя часть дельтовидных мышц испытывает значительные сокращения в течение концентрической фазы движения. Тем не менее, когда вы отрываете штангу от груди, проявляют пиковую активность ваши трицепсы. В нашей работе, наибольшая активность в концентрической фазе жима с отягощением в 90 и 100% 1- RM (130 и 145 кг, соответственно) регистрировалась у латеральной головки трехглавой мышцы плеча. В течение всего жима лежа при любом отягощении, активность широчайшей мышцы спины был самой низкой. BARNET et al. [9] и LEHMAN et al. [10] также обнаружили невысокую активность широчайшей мышцы спины во время подъема. Координация мышц плеча во время жима штанги на горизонтальной скамье отвечает за кинематику движения штанги. Как можно видеть (рис. 1), абсолютные значения скорости штанги в концентрическую фазу жима достоверно снижаются с увеличением отягощения. Анализ мертвой зоны [6] также очень интересен. Это та точка, где начальная скорость штанги у большинства атлетов (V_{min}) снижается. В работе [6] по мнению van den TILLAAR и ETTENA мертвая зона отсутствовала при нагрузках 75% 1-RM, но была хорошо видна при нагрузках в 90% от максимума. Наши данные частично это подтверждают, но лучше всего видны на примере чемпиона мира [7].

5. ВЫВОДЫ

На основании наших собственных результатов и результатов других авторов, в качестве окончательного нашего заключения можно принять гипотезу Van den TILLAAR и ETTENA [6] о том, что: … причиной мертвой зоны являются не потери мышечной силы как таковой - как предполагают некоторые исследователи - но задержка в переключении с максимума активности трехглавой м. плеча на максимум активности грудных мышц и передних пучков дельтовидной мышцы – как считают другие. Кроме того, при жиме с разной скоростью работают различные мышцы.

REFERENCES

[1] KRÓL H., Kryteria doboru i oceny ćwiczeń doskonalących technikę sportową, AWF, Katowice, 2003.

[2] SANTANA J.C., VERA-GARCIA F.J., McGILL S.M., A kinetic and electromyographic comparison of the standing cable press and bench press, Journal of Strength and Conditioning Research, 2007, 21(4), 1271–1279.

[3] REQUENA B., ZABALA M., RIBAS J., ERELINE J., PAASUKE M., GONZALEZ-BADILLO J.J., Effect of post-tetanic potentiation of pectoralis and triceps muscles on bench press performance, Journal of Strength and Conditioning Research, 2005, 19(3), 622–627.

[4] LAGALLY K.M., McCAW T., YOUNG G.T., MEDEMA H.C., THOMASD Q., Ratings of perceived exertion and muscle ac- tivity during the bench press exercise in recreational and novice lifters, Journal of Strength and Conditioning Re- search, 2004, 18(2), 359–364.

[5] NAWRAT A., Komputerowy system pomiaru toru ruchu sztangi podczas ćwiczeń siłowych, Sport Wyczynowy, 2001, 9–10, 30–37.

[6] Van Den TILLAAR R., ETTEMA G., A comparison of successful and unsuccessful attempts in maximal bench pressing, Medicine and Science in Sports and Exercise, 2009, 41(11), 2056–2063.

[7] KRÓL H., GOLAS A., Biomechaniczna analiza wyciskania sztangi leżąc mistrza świata, [in:] Biomechanika sportu i rehabilitacji. Wybrane zagadnienia, C. Urbanik, and A. Mastalerz (eds.), 2009, Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego, Warszawa, 111–123.

[8] WELSCH E.A., BIRD M., MAYHEW J.L., Electromyographic activity of the pectoralis major and anterior deltoid muscles during three upper-body lifts, Journal of Strength and Conditioning Research, 2005, 19(2), 449–452.

[9] BARNETT C., KIPPERS V., TURNER P., Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles, Journal of Strength and Conditioning Research, 1995, 9(4), 222–227.

[10] LEHMAN G.J., MacMILLAN B., MacINTYRE I., CHIVERS M., FLUTER M., Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball, Dynamic Medicine, 2006, 5, 7.

Перевод А.В. Самсоновой