

Определение внутрицикловых действий и движений лыжников - гонщиков путем измерения линейных и угловых ускорений.

Соревнования по лыжным гонкам, биатлону и лыжному двоеборью, которые проводятся на стандартных кругах переменного рельефа, но при разном состоянии трасс, предъявляют требования к вариативности применения лыжных техник. На переходных градиентах поддержание темпа гонки может достигаться смежными в классификации по скоростным возможностям лыжными ходами: коньковым одновременным двухшажным в подъемы (КОДХ под.), или коньковым одновременным одношажным (КООХ). На равнинах, при хорошем скольжении, альтернативными являются следующая пара смежных коньковых ходов – в добавление к последнему ходу и коньковый одновременный двухшажный равнинный (КОДХ равн.). Помимо различных ходов лыжники применяют и разные варианты технических действий в них. Однако физиологические затраты и отклик продвигающих ускорений на каждую из вариаций могут быть различны.

В этой связи представляется важным, в круглогодичных тренировках и накануне стартов, оперативно доставлять спортсменам данные об эффективности их технических действий на конкретных участках дистанций, с учетом инвентаря и текущих физических кондиций.

Методы динамометрии основаны на размещении тензометрических датчиков в местах приложения спортсменов к опорам. Применительно к лыжникам это – стельки ботинок или прокладки между креплениями и лыжами [1,6], специально сконструированные лыжные крепления [2,5,6] и датчики, встраиваемые под ручки лыжных палок [1,2,8]. Деформация сжатий или изгибов инвентаря и датчиков на нем, под воздействием развиваемых усилий, изменяет сопротивления чувствительных элементов электрическому току, которые регистрируются измерительной аппаратурой.

Недостатком способа является необходимость постоянной расклейки и калибровки датчиков, а также специального оборудования спортивного инвентаря. Зачастую это лишает спортсменов мобильности и выводит методику за рамки повседневной практики. Помимо того, динамика приложенных к опоре сил, сама по себе, дает неполное представление о том, насколько эффективно лыжники - гонщики воспринимают обратно направленные реактивные силы и как используют при этом инерционные составляющие своих перемещений относительно опорно - толчковых стоп. Вместе с тем, такие продольно-поперечные перемещения особенно характерны для лыжных коньковых ходов.

В последние годы ряд западных научно-исследовательских работ был направлен на применение микроэлектронных акселерометров и гироскопов для проведения качественной оценки суммарных ускорений различных участков туловища. Портативные датчики регистрации, легко размещаемые на груди или спине спортсмена, способны реагировать на малейшие изменения линейных и угловых ускорений, вызываемых приложением к опорам сил [3,4,7]. В одной из недавних работ, опубликованной норвежской школой спортивных наук NSSS перемещения поясницы определялись суммарным ускорением – арифметическим модулем, корнем квадратным из суммы квадратов всех трех ортогональных ускорений [9].

Целью предлагаемого вниманию исследования ставилось разработка методики оперативного контроля и коррекции техники лыжников-гонщиков, биатлонистов и двоеборцев, на основе качественных и количественных оценок линейных и угловых ускорений. В задачи входило создание отечественного микроэлектронного портативного устройства – регистратора ускорений спортсмена, размещаемого на пояснице – месте наибольшего приближения к общему центру масс и наименее подверженном возмущающим действиям остальных кинематических звеньев тела. Ожидаемым результатом работы ставилась изучение возможностей оперативного контроля внутрицикловых линейных и угловых ускорений спортсменов на лыжне.

Разработанный в 2018 году прототип устройства и его полевые испытания, завершившиеся презентациями в 2019 году на тренерских семинарах филиала УралГУФК в Екатеринбурге, СБР в Кавголово и курсах повышения квалификации тренеров ФЛГР в Сочи показали перспективность работ в этом направлении.

Апробированный прототип состоит из блока регистрации (БР) с чувствительными элементами – небольшого и легкого корпуса, прижатого поясом к пояснице спортсмена. В нем заключены три акселерометра инерционного типа для получения данных линейных ускорений по трем ортогональным осям и три гироскопа для регистрации угловых скоростей вокруг тех же осей. Данные с датчиков предварительно усиливаются и фильтруются, а затем поступают в портативный блок индикации и вычислений (БИВ), располагаемый на том же поясе спереди спортсмена. Нагрудным кардиодатчиком ведется регистрация ЧСС, чьи данные по радиоканалу Bluetooth также поступают в БИВ. В ходе выполнения рабочих отрезков пакеты данных архивируются на SD-карту и калькулируются в контроллерах БИВ, а спустя несколько секунд по окончании отрезков, приведенные к минуте значения ЧСС и некоторых других индексов высвечиваются на дисплее для их обозрения спортсменом. Предусмотрена и возможность переноса данных с архиватора в ПК и планшеты OS Windows или смартфоны для построения графиков и индикации расширенных статистических сведений. В этих целях разработано оригинальное программное обеспечение “RU-test”.

Начальным этапом работ были тестовые испытания прототипа в стационарных условиях на предмет отклика графиков линейных и угловых ускорений на простые движения: сгибания – разгибания, отклонения – выпрямления, сгибания - разгибания туловища, а также на шаговые действия: вперед, в каждую из сторон и ряд имитаций ходов. Некоторые из них показаны на рис 1,2,3,4.

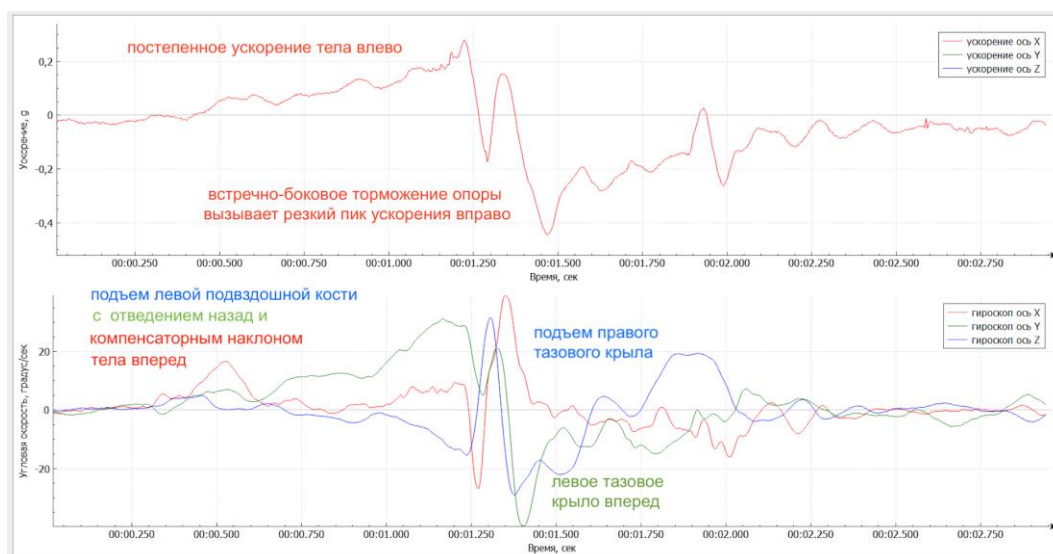


рис.1 Шаг левой ногой в сторону и приведение к ней правой. Верхний график отражает динамику бокового ускорения, нижний – угловых ускорений по трем осям, где: красный - продольные наклоны и выпрямления, зеленый - вращения вокруг вертикальной оси, синий - отклонения вокруг продольной оси.



рис.2 Шаг правой ногой в сторону и приведение к ней левой.

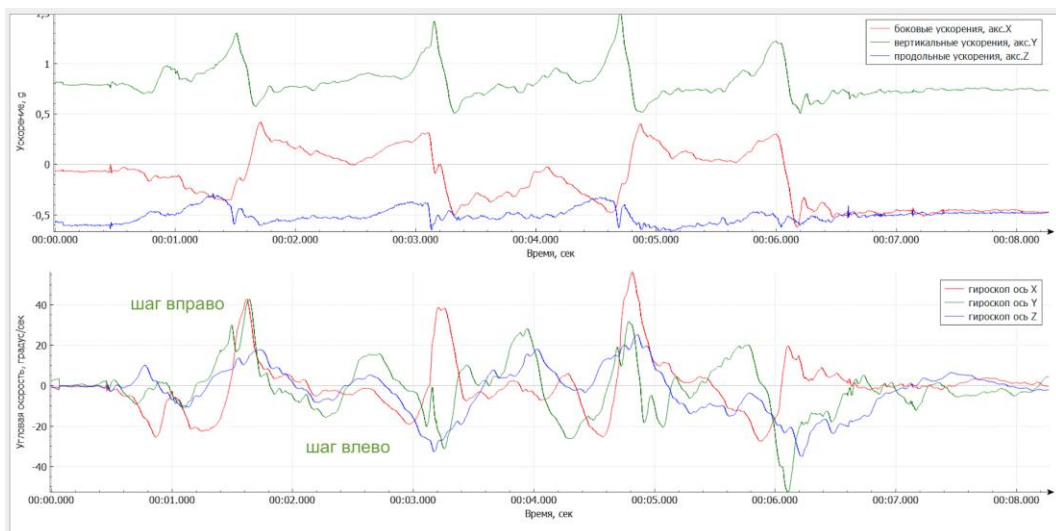


рис.3 Шаговая имитация конькового хода (КХ) в наклоне, руки перед грудью.

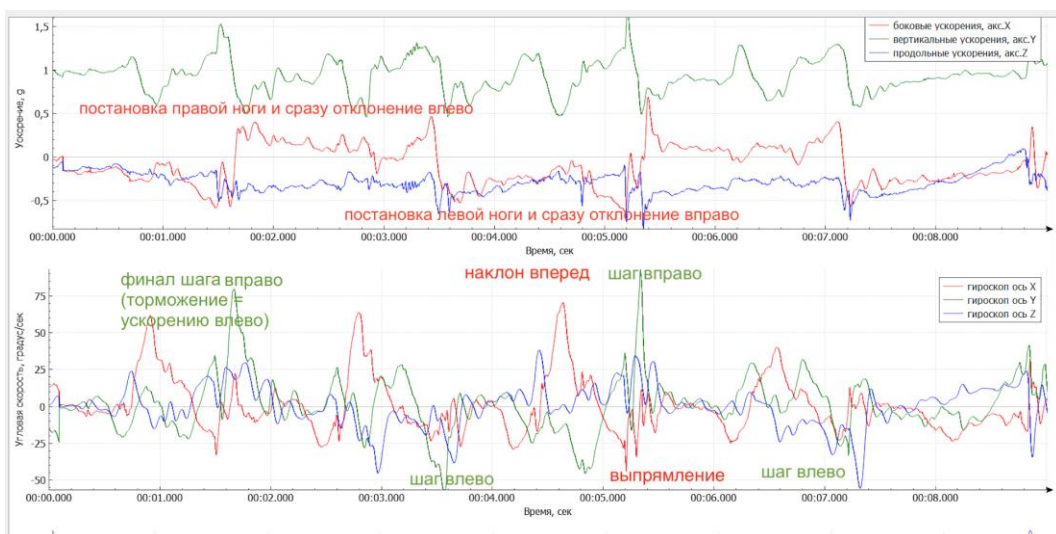


рис.4 Шаговая имитация конькового одновременного одношажного хода (КООХ).

На следующем этапе работ был выработан минимальный набор цифровых индексов,

приводимых к минутным значения, рис.5. Они отражают: - общую результативность положительных суммарных ускоряющих воздействий в минуту (1 окно сверху в левом вертикальном ряду); - долю в них ускорений, продвигающих лыжника вперед (4-е окно сверху); - величины удельных ускорений [отдельно суммарных (3-е окно) и продвигающих (5-е окно), развиваемых спортсменами за одно сердечное сокращение – так называемая “пульсовая стоимость”, выраженная в единицах “м/с²”].

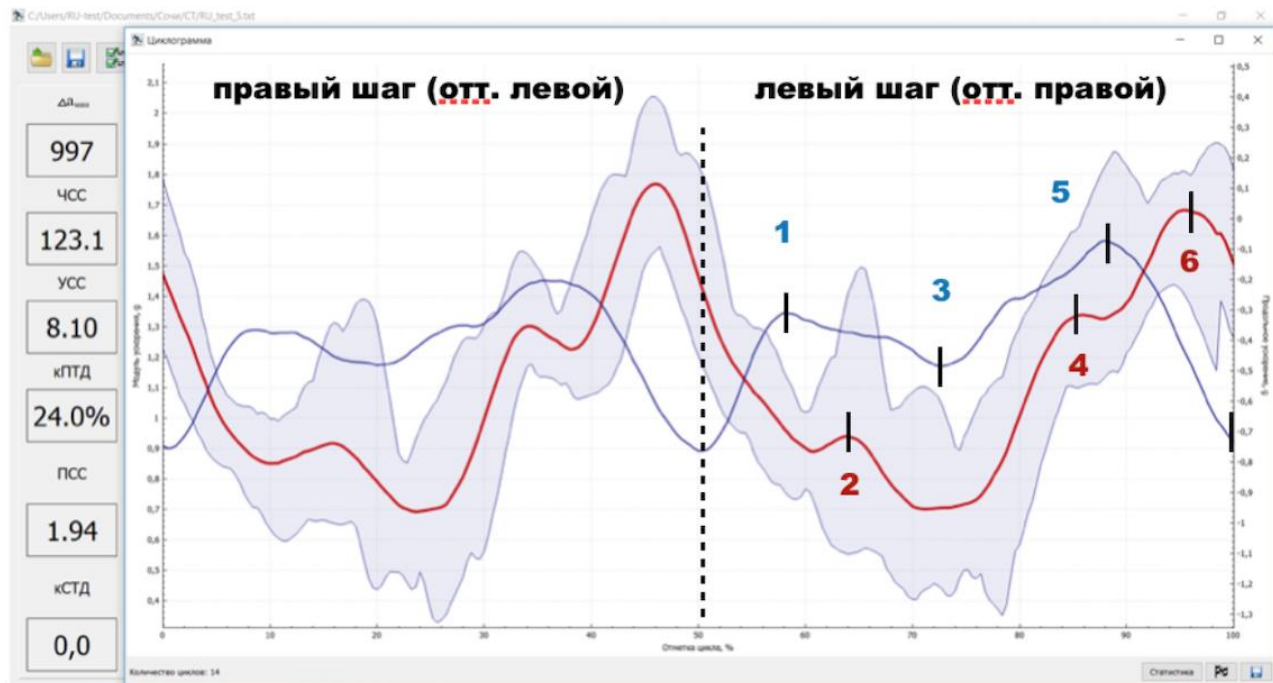


рис.5 Циклограмма суммарных ускорений (красный график) и продольных ускорений (синий график), показанных МСМК С.Т. на коротком отрезке бега в подъем 10-15° на лыжероллерах техникой КООХ. Действия лыжника в рамках одного полу-цикла наиболее характерно отражаются графиками различных ускорений: 1 - замах палками, 2 - постановка палок, 3 - подсед, 4 - отлет палок от опоры, 5 - отлет толчковой стопы от опоры, 6 - высшая точка разгибания туловища.

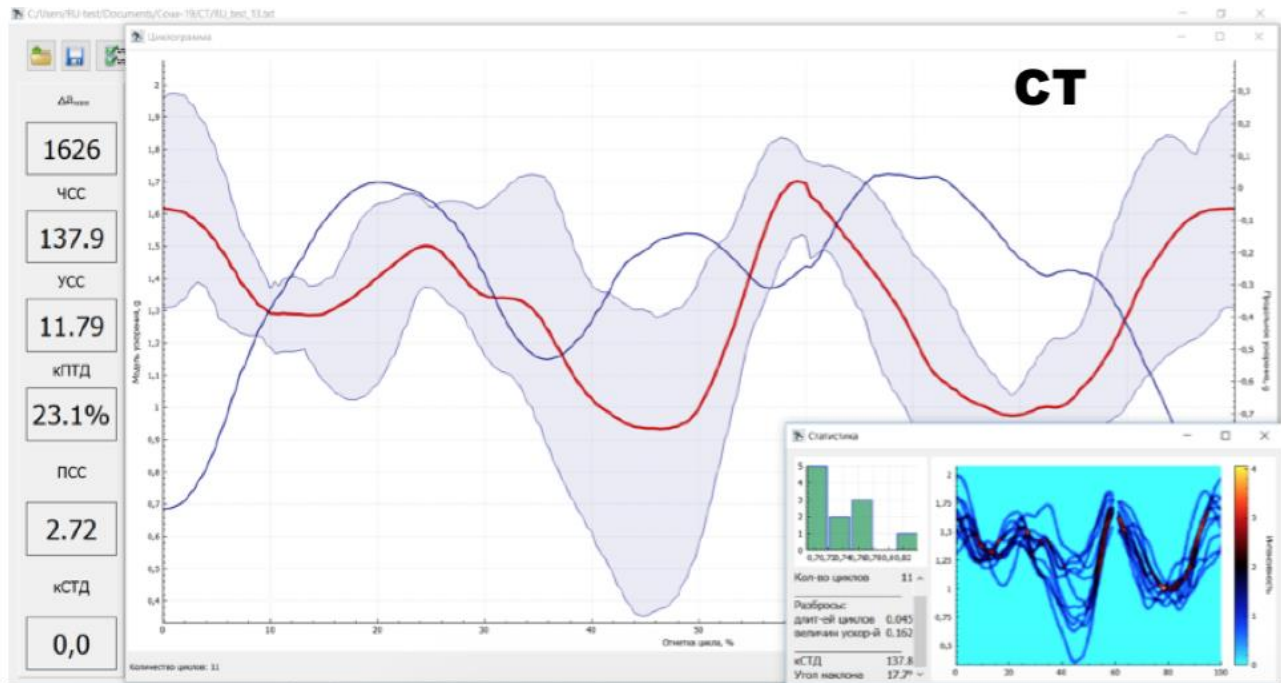
ПО позволяет выводить на дисплей ПК данные в виде непрерывных графиков линейных и угловых ускорений, среднецикловых графиков выполненных рабочих отрезков, а также ряд статистических данных, позволяющих анализировать данные на предмет выработки алгоритмов определения действий и движений лыжников в динамике коньковых ходов и классического одновременного бесшажного хода.

По итогам откатки прототипа спортсменами и любителями различного возраста и спортивной квалификации в полевых условиях на лыжах и лыжероллерах набрана статистика для автоматического определения вышеперечисленных ходов и отсечки начала - окончания циклов, в соответствии с ранее разработанной автором структурой каждого из трех основных лыжных ходов: КОДХ в подъеме, КООХ и КОДХ равнинный [10].

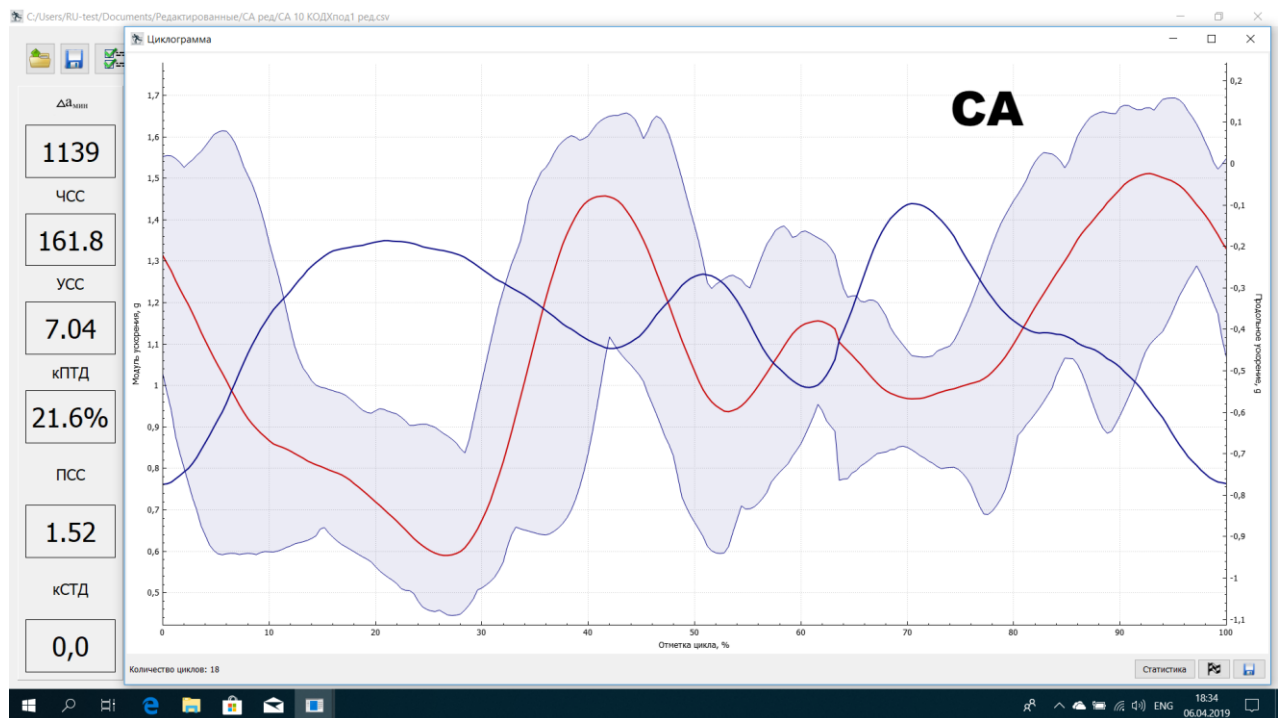
В добавление к отрисовке среднециклового графика суммарных ускорений по методу Н.Муклебуст, [9,fig.5], наиболее полная информация о характере внутрицикловых действий лыжников обеспечивалась одновременным масштабированием и графика внутрицикловых продольных ускорений (правая шкала). Оказалось, что изменения тенденций внутрицикловых действий и движений лыжников-гонщиков в цикле отражаются графиками суммарных и продольных ускорений по-разному, рис.5.

Сравнения с работами западных лабораторий показало, что циклограммы отрезков бега различных спортсменов техникой КОДХ в подъеме скоростным вариантом (прыжковым переходом на основную ногу в конце первого, предварительного шага) дают картину трех пиков суммарных ускорений, аналогичную приведенным в циклограммах по Н.Муклебуст, [9,

fig.5]. Продольные ускорения также выражены тремя пиками в циклах, рис.6.



а)



б)

рис. 6 Графики суммарных ускорений (красная кривая) МСМК С.Т. на лыжероллерах, а) и КМС С.А. на лыжах, б), при беге скоростными вариантами КОДХ в подъемы (прыжком), крутизной 10-15° и 7-10°. Серыми полями обозначены разбросы кривых каждого цикла в рамках одного рабочего отрезка (аналог теплограммы в правом нижнем углу на рисунке а).

Таким образом, разработанный прототип регистратора ускорений спортсменов делает возможной качественную и количественную оценку технических действий лыжников не только на установках движущейся ленты в лабораториях, но и в полевых условиях.

Тестовые испытания прототипа российскими спортсменами техникой КОДХ в подъемы скоростным вариантом показали характерные совпадения с графиками суммарных

среднецикловых ускорений норвежских гонщиков соответствующей квалификации, Н. Miklebust, 2015 [9, fig.5].

Величины индексов приведенных к минуте суммарных ускорений, зарегистрированные на российских спортсменах (рис.6, а,б), соразмерны вручную рассчитанным аналогичным значениям графиков норвежских лыжников соответствующей квалификации, Н. Miklebust, 2015, [9, fig.5].

Индекс коэффициента полезных технических действий – кПТД схож со значениями общей эффективности, показанными шведской тестовой группой на лыжероллерах КОД ходом в подъем, Т.Stoggl, Н.-С. Holmberg [8, table 4].

Дальнейшей задачей исследований ставится модернизация прототипа и разработка научно-обоснованной методики его применения в целях применения цифровой технологии для качественного и количественного контроля технических действий лыжников - гонщиков.

М.Ю. Рудберг, лаборатория “Ру-тест”, руководитель

Список литературы:

- 1) Кобзева Л.Ф. “Особенности техники конькового хода у лыжников-гонщиков при передвижении на подъёме”. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта , 1 (47) 2009, 02 февраля 2009.
- 2) O. Ohtonen, “The effect of ski gliding properties on the force production of V2-technique”. Master’s thesis in Biomechanics, Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä , 2010
- 3) F. Marsland, et al, “Identification of Cross-Country Skiing Movement Patterns Using Micro-Sensors”, 2012.
- 4) F. Breitschädel, et al, “A comparison between timed and IMU captured Nordic ski glide tests” SIAT at the NTNU, Trondheim, Norway, 2012
- 5) M. Hoset , Ø. Sandbakk, et al, “Construction of an instrumented roller ski and validation of three-dimensional forces in the skating technique”, 2013.
- 6) M. Pohjola, ”Analysing effectiveness of force application in ski skating using force and motion capture data” Master's thesis in Sport Technology, Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä , 2014
- 7) T. Stöggel, Н.-С. Holmberg, et al, ”Automatic Classification of the Sub-Techniques (Gears) Used in Cross-Country Ski Skating Employing a Mobile Phone”, 2014.
- 8) T.Stoggl, Н-С.Holmberg "Three-dimensional force and kinematic interactions in V1 skating at high speeds", 2014
- 9) Н.Мыклебуст, ”Quantification of movement patterns in cross-country skiing using inertial measurement units”, Dissertation of the Norwegian School of Sport Science, 2015; Н.Мыклебуст et al “Morphological analysis of acceleration signals in cross-counry skiing” 2016.
- 10) М. Рудберг, “Свободным стилем, Коньковый одновременный одношажный ход”, 2013,, Коньковый одновременный двухшажный ход равнинный”, 2015, Коньковый одновременный двухшажный ход в подъемы”, 2017.