

Wczesna fizjoterapia kończyny górnej chorych po udarze mózgu. Pytania bez odpowiedzi

Early upper limb physiotherapy in stroke patients. Questions without answers

Marta Sidaway^{1,2,A-F}, Julita Głowacka-Popkiewicz^{2,A-F}, Maciej Krawczyk^{1,2,E,F},
Tomasz Waraksa^A

¹ Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, Wydział Rehabilitacji. Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Rehabilitation

² Instytut Psychiatrii i Neurologii II Klinika Neurologii w Warszawie. Institute of Psychiatry and Neurology, 2nd Neurology Clinic in Warsaw

A – opracowanie koncepcji i założeń (preparing concepts)
B – opracowanie metod (formulating methods)
C – przeprowadzenie badań (conducting research)
D – opracowanie wyników (processing results)
E – interpretacja i wnioski (interpretation and conclusions)
F – redakcja ostatecznej wersji (editing the final version)

Streszczenie

Udar mózgu nadal pozostaje główną przyczyną niepełnosprawności w Polsce i krajach zachodnich. Aż 80% pacjentów ma obniżoną sprawność kończyny górnej w fazie ostrej po udarze mózgu. Szacuje się, że tylko 5% do 20% pacjentów osiąga pełną poprawę funkcjonalną kończyny górnej. Stymulowanie niedowładnej kończyny górnej po udarze mózgu w praktyce klinicznej jest zwykle traktowane jako drugoplanowe. Stanowi to nadal wyzwanie dla współczesnej fizjoterapii. Istniejące standardy postępowania nie opisują szczegółowo modelu usprawniania kończyny górnej, zwłaszcza w okresie pierwszych 4 tygodni po udarze mózgu. Trudno ocenić, jakie są granice możliwości biologicznych i jaka może być efektywność poprawy sprawności kończyny górnej.

Celem tej pracy jest próba podsumowania dotychczasowej wiedzy na temat obecnego stanu wczesnej fizjoterapii kończyny górnej, jej intensywności i rodzaju strategii oraz neurobiologicznego podłoża procesu poprawy.

Wiele naukowych dowodów potwierdza, że rehabilitacja we wczesnej fazie poudarowej jest istotna. Stosunkowo mało jest światowych wiarygodnych doniesień, a polskich właściwie brak, odnoszących się do wczesnej fizjoterapii kończyny górnej uwzględniających rodzaj zastosowanych ćwiczeń i ich dawkę terapeutyczną. Nadal brakuje wystarczających przesłanek, aby określić optymalną intensywność i rodzaj stosowanej rehabilitacji kończyny górnej w tym fizjoterapii i terapii zajęciowej. Brakuje dużych, ujednoliconych pod względem grup i narzędzi badawczych wielośrodkowych badań dla określenia optymalnego modelu rehabilitacji kończyny górnej we wczesnej fazie po udarze mózgu. Zatem nadal wiele pytań pozostaje bez odpowiedzi.

Słowa kluczowe:

terapia, dawka, udar mózgu, ręka, poprawa

Abstract

Stroke is still the most common cause of disability in Poland and in western countries. As many as 80% of patients report reduced upper limb function in the acute phase after stroke. It is estimated that only 5% to 20% of patients experience full functional recovery of an upper limb. In clinical practice, paretic upper limb stimulation after stroke is usually treated as of secondary importance. However, it constantly poses a challenge to

physical therapists. The existing procedures do not provide detailed guidelines regarding upper limb rehabilitation model particularly in the first four weeks after stroke. It is hard to predict biological limitations and the effectiveness of upper limb rehabilitation.

The aim of this work is to make an attempt at reviewing the knowledge of the current state of early upper limb physiotherapy, its intensity and strategy type as well as neurobiological foundations of the improvement process.

Ample scientific evidence confirms that early post-stroke rehabilitation is crucial. There are relatively few foreign (and virtually no Polish) reports related to early upper limb rehabilitation that would take into account the type of exercises and their therapeutic dose. There are still no solid foundations for determining optimal intensity and type of upper limb rehabilitation (including physical and occupational therapy). There is a scarcity of extensive and uniform (in terms of research groups and tools) multicentre investigations aimed at defining an optimal model of upper limb rehabilitation at an early stage after stroke. Thus, a number of questions still remain unanswered.

Key words: therapy, dose, stroke, upper limb, improvement

Wstęp

Większość pacjentów w fazie ostrej po udarze mózgu ma obniżoną sprawność kończyny górnej (KG) [1]. U ponad połowy z nich deficyt ruchowy KG utrzymuje się w fazie chronicznej [2,3]. Dla porównania 80% chorych odzyskuje możliwość chodu [4,5]. Nie ma jednoznacznej odpowiedzi skąd bierze się ta dysproporcja. Czy jest uwarunkowana większą złożonością ruchów, czy niedostosowaną formą terapii? Obecnie nie kwestionuje się konieczności rozpoczęcia fizjoterapii w pierwszych dobach po udarze mózgu. Wczesny okres po udarze mózgu ma istotne znaczenie dla predykcji dalszej poprawy KG [6]. Jednak istniejące standardy postępowania nie opisują szczegółowo modelu usprawniania KG, zwłaszcza w okresie pierwszych czterech tygodni po udarze mózgu. W praktyce klinicznej we wczesnym okresie poudarowym treningowi KG w tym ręki poświęca się zbyt mało uwagi [4]. Trudno ocenić, jakie są granice możliwości neurobiologicznych związanych z poprawą sprawności KG oraz jaka jest efektywność terapii KG. Dlatego też nasuwa się pytanie, czy aktualnie obowiązujący model wczesnej fizjoterapii po udarze, tak jak jest on realizowany w praktyce klinicznej jest wystarczający, zarówno w Polsce jak i na świecie.

Celem niniejszej pracy jest próba nakreślenia najważniejszych problemów dotyczących wczesnej stymulacji KG chorych po udarze mózgu.

Dynamika i rokowanie poprawy funkcji kończyny górnej oraz ich znaczenie dla fizjoterapii

Mimo, że wzorce powrotu funkcji KG u każdego pacjenta różnią się indywidualnie to można powiedzieć, że poprawa funkcji KG do szóstego miesiąca jest wysoce przewidywalna [7,8]. Dynamika poprawy jest największa w pierwszych czterech tygodniach, potem stopniowo maleje, a powyżej sześciu miesięcy od udaru jest nadal możliwa choć zdecydowanie mniejsza [9,10].

Introduction

The majority of patients in the acute phase after stroke demonstrate reduced upper limb (UL) mobility [1]. In more than a half of stroke patients, UL motor deficit can be observed in the chronic phase [2,3]. To compare, 80% of patients regain gait ability [4,5]. It is not clear where this disproportion stems from. Is it conditioned by greater movement complexity or by improper therapy? Currently, the need for commencing physical therapy in the first days following stroke is no longer questioned. An early post-stroke stage is significant in terms of predicting further UL improvement [6]. However, the existing procedures do not provide detailed guidelines regarding UL rehabilitation model particularly in the first four weeks after stroke. In clinical practice, too little attention is paid to UL training in the early post-stroke period [4]. It is hard to estimate neurobiological limitations related to UL mobility improvement and what the effectiveness of UL therapy is. Therefore, the question arises whether the current model of early post-stroke rehabilitation used in clinical practice both in Poland and abroad is sufficient.

This study sought to identify the most important problems regarding early UL stimulation in stroke patients.

Pace and prognosis of upper limb functional improvement and their role in physiotherapy

Although UL functional recovery patterns differ depending on a patient, it can be stated that UL functional improvement up to the 6th month is highly predictable [7,8]. The pace of improvement is the highest in the first four weeks. After that, it gradually decreases and after six months from stroke onset, improvement is still possible yet much less likely [9,10].

Obecnie w piśmiennictwie pośród różnych istotnych czynników przewidujących stopień poprawy sprawności KG najczęściej wymienia się dwa o największej wartości prognostycznej: wczesną ocenę motoryczną i funkcjonalną KG oraz obecność ruchowych potencjałów wywołanych i potencjałów czuciowo-ruchowych [6]. Ocena stopnia uszkodzenia funkcji ruchowych we wczesnym okresie po udarze mózgu koreluje ze stopniem dalszej poprawy motorycznej. Im gorszy stan motoryczny na początku (w pierwszych dobach po udarze) tym gorsze rokowanie. Na przykład, zachowany ruch czynny barku lub ruchy palców 7 dni po udarze, silnie korelują z dalszą poprawą funkcji KG [7]. Obecność choć minimalnego ruchu czynnego wyprostu palców ręki w pierwszych 72 godzinach od incydentu rokuje znacznie większą poprawę sprawności KG w okresie kolejnych sześciu miesięcy. Prawdopodobieństwo poprawy maleje u pacjentów, u których brak jest tego ruchu [8]. Obok badania funkcji KG, dużą wartość prognostyczną ma ocena ruchowych potencjałów wywołanych lub potencjałów czuciowo-ruchowych. Ich obecność pozwala na dobre rokowanie [6,11]. Niestety zastosowanie tego w praktyce klinicznej jest obecnie zbyt kosztowne i pozostaje dobrym narzędziem badawczym.

Neurobiologiczne mechanizmy poprawy funkcji ręki, a wczesna rehabilitacja kończyny górnej

Dynamika poprawy deficytu neurologicznego i funkcji kończyny górnej wraz z czasem od udaru gwałtownie spada, mimo trwającej nadal rehabilitacji. Wydaje się wysoce prawdopodobne, że neurofizjologiczne mechanizmy naprawcze obecne w okresie pierwszych czterech tygodni od udaru mózgu współtowarzyszące spontanicznemu powrotowi funkcji KG, mają szczególne znaczenie dla poprawy sprawności ruchowej KG [7,12]. Ten okres wiąże się z największą dynamiką zmian neuroplastycznych indukowanych przez zmienioną aktywność genetycznych czynników wzrostu, zwiększoną angiogenezę oraz reperfuzję obszaru penumbry [7,12,13]. Na poziomie neurobiologicznym poprawa funkcji KG odbywa się w oparciu o dwa mechanizmy. Pierwszym jest mechanizm zdrowienia tkanki nerwowej, pozwalający na odzyskanie (restytucję) prawidłowych funkcji nerwowych. Jego odzwierciedleniem jest powrót funkcji ruchowych w zachowanym naturalnym wzorcu. Drugi to mechanizm neuroplastycznej reorganizacji, czyli wzmocnienia połączeń synaptycznych. Pozwala to na kompensację utraconych funkcji na poziomie neuronalnym, a na poziomie behawioralnym, wyraża się w zmienionym kompensacyjnym lub adaptacyjnym wzorcu kinematycznym. Kierunek neuroplastycznych zmian, uzależnionych od bodźców ze środowiska może mieć korzystny bądź niekorzystny wpływ na powrót funkcji

When it comes to different significant predictors of UL recovery, the literature of the subject most commonly distinguishes two factors of the highest prognostic value, i.e. early UL motor and functional assessment as well as the presence of motor-evoked potentials and somatosensory-evoked potentials [6]. Assessment of the initial severity of motor impairment following stroke correlates with the degree of further motor recovery. The worse the motor performance at an initial stage (in the first days after stroke), the worse the prediction. For instance, the presence of active shoulder and finger movements within 7 days after stroke strongly correlates with further UL functional recovery [7]. The presence of any finger extension within 72 hours after stroke onset predicts greater UL recovery at 6 months. No voluntary finger extension reduces recovery likelihood [8]. Apart from UL functional examination, assessment of motor-evoked potentials and somatosensory-evoked potentials improves prognostic accuracy [6,11]. Unfortunately, its application in clinical practice is currently too expensive but it remains a good research tool.

Neurobiological mechanisms of arm functional recovery and early upper limb rehabilitation

Despite ongoing rehabilitation, the pace of upper limb neurological and functional improvement rapidly decreases in the course of time from stroke onset. It seems highly likely that neurophysiological recovery mechanisms observed within the first four weeks from stroke which accompany spontaneous functional recovery of UL are particularly significant in terms of UL motor improvement [7,12]. This period is linked to the greatest dynamics of neuroplastic changes induced by altered activity of genetic growth factors, increased angiogenesis as well as penumbra reperfusion [7,12,13]. UL neurobiological recovery occurs on the basis of two mechanisms. The first one is the mechanism of nervous tissue healing that helps to regain proper nervous functions. It makes it possible for motor functions to return to their natural model. The second one is the mechanism of neuroplastic reorganisation, i.e. enhancement of synaptic connections. On a neuronal level, it allows for the compensation of the lost functions, while on a behavioural level, it results in the changed compensatory or adaptive kinematic model. The course of neuroplastic changes that depend on environmental stimuli may exert either a positive or negative influence on UL functional recovery based on the adaptation to altered conditions [12,13]. Neurophysiologists put forward a hypothesis that the restitution of nervous functions observed in the first weeks following stroke may only

KG w oparciu o adaptację do zmienionych warunków [12,13]. Neurofizjolodzy stawiają hipotezę, że restytucja funkcji nerwowych obecna tylko w pierwszych tygodniach po udarze, może być hamowana przez mechanizmy kompensacyjne aktywne we wczesnej i późniejszej fazie [12].

Różnica między tymi dwoma mechanizmami najbardziej widoczna jest w sposobie wykonania zadania ruchowego, czyli w cechach jakościowych ruchu. Ostatnie badania nad wzorcem kinematycznym powrotu funkcji ręki wykazały, że jakość ruchu może mieć istotne znaczenie dla wyniku poprawy funkcji KG. Kinematyczne badania kształtowania się wzorca ruchu zaraz po udarze uwidaczniają, że normalizacja ruchu podczas zdrowienia wyraża się we wzroście ilości kontrolowanych stopni swobody, tak jak obserwuje się to u zdrowych osób w tej samej grupie wiekowej [14]. W innych badaniach biomechanicznych [15] wykazano, że normalizacja kontroli motorycznej niedowładnej KG jest ściśle połączona z poprawą szczytowej prędkości, płynności ruchu, precyzji celowego ruchu, zredukowaniem błędów przy pozycjonowaniu, minimalizowaniem kompensacji przez łopatkę i tułów oraz współruchów łokcia i ramienia w czasie sięgania. Z punktu widzenia biomechanicznego najkorzystniejsze, niezależnie od neurobiologicznych mechanizmów, jest dążenie w fizjoterapii do odtworzenia wzorca KG jak najbardziej zbliżonego do naturalnego [12]. Wzorec kompensacyjny, tworzący się w oparciu o większe zaangażowanie półkuli ipsilateralnej oraz innych struktur nerwowych widocznych w badaniu MRI, jest z pewnością mniej wydajny. Mała selektywność ruchu powoduje zmniejszenie stopni swobody łańcucha kinematycznego, zmniejszenie prędkości ruchu, zwiększenie udziału kontroli proksymalnej (bark, tułów). W mechanizmie poprawy ruchowej KG w pierwszych dobach po udarze dominują procesy naprawcze, trwające do 10-go tygodnia, a w późniejszym okresie kompensacja i adaptacja. Istnieją silne dowody na to, że neurobiologiczne procesy, pozwalające na zachowanie jakości kontroli motorycznej są ograniczone do pierwszych trzech miesięcy spontanicznej neurologicznej poprawy [7,12]. Należy jednak krytycznie stwierdzić, że w badaniach obserwowano raczej chorych otrzymujących fizjoterapię w typowych dawkach i nie była ona intensywna. To okno terapeutyczne koresponduje z modelem wzmożonej ekspresji czynników genetycznych wzrostu, odpowiadających za procesy naprawcze mózgow zwierząt po ich niedokrwieniu. Duża dynamika poprawy funkcji ruchowych KG sugeruje, że odbywa się ona głównie w oparciu o mechanizmy neuroplastyczności najbardziej aktywne w okresie spontanicznego powrotu funkcji. Fizjoterapia KG zatem powinna bezwzględnie rozpoczynać się w pierwszych dniach po udarze, a jej jakość i ilość

be hampered by compensatory mechanisms that are active in the early phase and later [12].

The difference between these two mechanisms is the most evident when it comes to motor task performance, i.e. qualitative features of movement. Recent investigations on the kinematic model of arm functional recovery have revealed that the quality of movement may be crucial for UL functional improvement outcome. Kinematic studies of movement pattern formation immediately after stroke highlight the fact that motor control normalization in the recovery process is expressed through an increase in the number of controlled degrees of freedom, as is the case of healthy individuals in the same age group [14]. Another biomechanical investigation [15] revealed that motor control normalization of the paretic UL is closely connected with an increase in peak velocity, movement smoothness, precision of intended movement, positioning-related error reduction, compensation minimisation by a scapula and torso as well as co-movement of an elbow and shoulder when performing a reaching movement. From a biomechanical standpoint, it is most beneficial (regardless of neurobiological mechanisms) to try to recreate UL pattern that would be as similar as possible to the natural one [12]. A compensatory pattern created on the basis of greater involvement of the ipsilateral hemisphere and other nervous structures seen in the MRI examination is certainly less effective. Smaller movement selectivity leads to a decrease in the degrees of freedom of the kinematic chain, a reduction in movement velocity and an increase in proximal control contribution (shoulder, torso). In the case of the mechanism of UL motor improvement in the first days after stroke, recovery processes that last up to the 10th week prevail and later they are followed by compensation and adaptation. There is strong evidence that neurobiological processes that help to maintain motor control quality are limited to the first three months of spontaneous neurological recovery [7,12]. However, the limitation of these studies is that they focused on patients receiving physiotherapy in typical doses and it was not intensive. This therapeutic window corresponds with the model of increased expression of genetic growth factors responsible for brain recovery processes in animals after cerebral ischemia. Great dynamics of UL motor function improvement indicates that it is based on neuroplasticity mechanisms that are most active in a period of spontaneous functional recovery. Therefore, UL physiotherapy should definitely begin in the first days following stroke. Its quality and quantity ought to make full use of neuroplastic potential of the brain [12].

powinna w pełni wykorzystywać potencjał zdolności neuroplastycznych mózgu [12].

Wczesna rehabilitacja po udarze mózgu a fizjoterapia chorych z deficytem kończyny górnej

Wczesne uruchomienie pacjenta uważa się za istotny element multidyscyplinarnej opieki w oddziale udarowym, a jego model głównie obejmuje pionizację pacjenta oraz naukę podstawowych umiejętności motorycznych, takich jak: obroty na boki, siadanie, wstawanie oraz chód [16]. W praktyce klinicznej najmniej czasu poświęca się fizjoterapii kończyny górnej [4]. W Polsce zalecenia co do postępowania rehabilitacyjnego po udarze określają Wytyczne Grupy Ekspertów Sekcji Naczyniowej Polskiego Towarzystwa Neurologicznego (PTN) z 2012 roku [17]. Według nich, u pacjentów powinno się jak najwcześniej podejmować usprawnianie funkcji ruchowych. Od początku fizjoterapia powinna być ukierunkowana na odzyskanie utraconych funkcji. Fizjoterapeuci powinni korzystać z różnych metod fizjoterapeutycznych, stosując środki jak najbardziej przydatne dla danego pacjenta. Chorzy nawet przy dużym deficycie ruchowym stymulowani do prawidłowej, samodzielnej aktywności ruchowej, powinni uczestniczyć w fizjoterapii o odpowiedniej intensywności i długim czasie trwania. Osoby tolerujące wysiłek zbliżony do normalnego należy objąć programem intensywnego usprawniania (minimum 3 godziny ćwiczeń dziennie). Fizjoterapia powinna opierać się na zasadach efektywnego uczenia się oraz odbywać się kilka razy dziennie z uwzględnieniem potrzeb i możliwości pacjenta, a ćwiczenia powinny być włączane w czynności codzienne. Cele fizjoterapii powinny być zindywidualizowane i ukierunkowane na poprawę na poziomach struktury i funkcji (m.in. odtwarzać selektywne ruchy ręki) oraz aktywności i uczestnictwa (odnosić się do czynności codziennych) [17,18]. W wytycznych wskazano również, że reedukację ruchową pacjenta należy prowadzić w pozycjach wysokich, czyli siedzącej i stojącej. Należy od początku w ramach możliwości, aktywnie włączać pacjenta w ćwiczenia, motywować go oraz informować o istocie fizjoterapii, jak również włączać do współpracy jego rodzinę i opiekunów [3].

Wytyczne Grupy Ekspertów Sekcji Naczyniowej PTN odnoszące się do wczesnego okresu poudarowego są stosunkowo mało szczegółowe w zakresie rehabilitacji KG i stanowią tylko pewne ramy postępowania [17].

Istnieje niewiele doniesień dotyczących fizjoterapii KG we wczesnym okresie od udaru w szczególności pierwszych trzech tygodni od udaru. Standardy kliniczne są jeszcze niewypracowane i nie stanowią codzienności pracy klinicznej. Zgodnie z wiedzą autorów w Polsce brak jest badań traktujących o rzeczywi-

Early rehabilitation after cerebral stroke and physiotherapy of patients with upper limb deficits

Early mobilization after stroke is considered to be a significant element of multidisciplinary stroke unit care and its model mainly involves making the patient assume an erect position and acquiring basic motor skills such as rolling over, sitting, standing up and walking [16]. In clinical practice, upper limb physiotherapy receives the least attention [4]. In Poland, recommendations regarding rehabilitation procedures are outlined by the guidelines of the Vascular Expert Group of the Polish Neurological Society from 2012 [17]. According to the guidelines, motor mobilization of patients should take place as early as possible. From the beginning, physiotherapy ought to be oriented at regaining the lost functions. Physical therapists should make use of various physiotherapeutic methods and select the ones that would be the most effective for a particular patient. Despite considerable motor deficits, patients should be encouraged to take up proper and independent physical activity and they should take part in physiotherapy of adequate intensity and duration. Persons who tolerate effort similar to the normal one ought to be included in the programme of intensive rehabilitation (at least 3 hours of exercises daily). Physiotherapy should be based on the rules of effective learning and it should take place a few times a day. Moreover, patients' needs and capabilities ought to be taken into consideration and exercises ought to be implemented in everyday activities. The goals of physiotherapy should be individualised and oriented at improvement on the levels of structure and function (e.g. selective arm movements should be reproduced) and on the levels of activity and participation (reference to everyday activities) [17,18]. The guidelines also recommend that motor re-education of the patient be performed in high positions, i.e. when sitting and standing. From the very beginning, patients should be encouraged (within their capacities) to take active part in rehabilitation. Also, they should be motivated and informed about physiotherapy goals. Their family and guardians should get involved in cooperation as well [3].

The guidelines of the Vascular Expert Group of the Polish Neurological Society that refer to early post-stroke period are not detailed enough in terms of UL rehabilitation and they only constitute a certain procedural framework [17].

There is a scarcity of data on UL physiotherapy at an early stage after stroke, particularly within the first three weeks from stroke onset. Clinical standards have not been developed yet and they do not constitute everyday clinical work. To the best of our

stym stanie wczesnej rehabilitacji poudarowej, w tym terapii KG. Międzynarodowe wytyczne postępowania po udarze podkreślają konieczność intensywnej i ciągłej rehabilitacji już od fazy ostrej [19]. Badania na modelach zwierzęcych pokazały, że aby nastąpiła poprawa funkcji KG poparta reorganizacją i poszerzeniem się map ruchowych kory wymagany jest trening oparty na aktywnościach ruchowych, a ilość powtórzeń powinna być nie mniejsza niż 400 [20-22]. Choć dawka ćwiczeń opartych na treningu z zastosowaniem zadań ruchowych wydaje się być decydującym czynnikiem wpływającym na pomyślność terapii poudarowej KG to jednak w praktyce klinicznej intensywność ćwiczeń KG jest dyskusyjna [23]. Nieznana jest rzeczywista, stosowana klinicznie dawka ćwiczeń, rozumiana jako czas sesji terapeutycznych oraz ilość stosowanych powtórzeń, jak również rodzaj stosowanych oddziaływań ruchowych.

Hayward i Brauer [4] dokonali systematycznego przeglądu podpartego wnikliwą analizą literatury pod kątem dawki terapeutycznej (czasu i ilości powtórzeń ćwiczeń) treningu KG opartego na aktywnościach ruchowych w fazie ostrej i podostrej po udarze. Z ponad trzech tysięcy publikacji wyselekcjonowano tylko 10 badań jednocześnie spełniających ww. kryteria doboru oraz kryteria praktyki opartej na dowodach naukowych (ang. Evidence – Based Practice – EBP) [4]. Bernhardt J. et al w badaniu (n=58) próbowali określić średni czas aktywności ręki w jednej sesji terapeutycznej. Średnio jednostka ćwiczeniowa w objętych badaniem ośrodkach wynosił 24 minuty, a terapia zajęciowej 23 minuty. Natomiast czas aktywnej terapii ruchowej KG chorych średnio 5,6 dnia od udaru wynosił ok. 4 minuty w jednej sesji (17% całej jednostki terapeutycznej) i ok. 11 minut w sesji terapii zajęciowej (49% całej jednostki terapeutycznej) [23]. W fińskim badaniu Peurala et al. wykazał, że dawka czasowa aktywności KG chorych (n=19) (średnio osiem dni od udaru) podczas fizjoterapii stanowi ok. 6 minut ćwiczeń na sesję (15% jednostki terapeutycznej) [24,25]. Australijskie doniesienia (n=32) dotyczące chorych (średnio 40 dni od udaru) mówią o braku aktywności KG podczas fizjoterapii [26]. W czasie terapii zajęciowej czas zaangażowania KG w zadania ruchowe wynosił 29 minut (70% jednostki terapeutycznej). Inne badania pokazują, że czas poświęcony terapii KG wynosił ok. 1 minuty czyli 2% sesji terapeutycznej [27]. Holenderskie badania z kolei donoszą, że średni czas poświęcony wczesnej terapii poudarowej KG wynosi ok. 8 minut na dzień, czyli ok. 21%, całkowitego łącznego czasu sesji fizjoterapeutycznych oraz terapii zajęciowej i wynosił ok. 37 minut na dzień [28]. Dla porównania w okresie podostrym osoby po udarze miały zgodnie z doniesieniami opartymi na 4 badaniach (n = 4) średnio 4 minuty (0.9 do 7.9) aktywnych zadaniowych

knowledge, in Poland there have not been any investigations concerning the state of early post-stroke rehabilitation including UL therapy. International guidelines for post-stroke procedures highlight the need for intensive and continuous rehabilitation already at the acute phase [19]. The research on animal models showed that UL functional improvement enhanced by reorganisation and broadening of the motor cortex maps is possible if training based on physical activity is introduced and patients perform at least 400 repetitions [20-22]. Even though the amount of exercises based on motor task training seems to be a decisive factor contributing to the success of post-stroke UL therapy, in clinical practice UL exercise intensity is debatable [23]. Clinically implemented amount of exercises, understood as the duration of therapeutic sessions and the number of repetitions, as well as the type of motor exercises are not known.

Hayward and Brauer [4] performed a systematic review based on an in-depth analysis of literature regarding therapeutic dose (time and number of exercise repetitions) of UL training that mainly involves physical activity in the acute and subacute phases after stroke. Out of more than 3,000 publications, only 10 studies that met the aforementioned selection criteria and the criteria of evidence-based practice (EBP) were selected [4]. In their study (n=58), Bernhardt J. et al. tried to determine mean time of arm activity during one therapeutic session. In the centres included in the study, average session times were 24 minutes for physiotherapy and 23 minutes for occupational therapy. As for the duration of UL active motor therapy, 5-6 days from stroke onset it lasted an average of approx. 4 minutes during one session (17% of the whole therapeutic session) and approx. 11 minutes during an occupational therapy session (49% of the whole therapeutic session) [23]. In the Finnish study by Peurala et al., it was noted that on average 8 days post stroke, patients (n=19) received 6 minutes of UL training per session (15% of a therapeutic session) [24,25]. Australian reports (n=32) concerning patients (an average of 40 days post stroke) revealed the lack of UL activity during physiotherapy [26]. In occupational therapy, UL involvement in motor tasks lasted 29 minutes (70% of a therapeutic session). Another study showed that approx. 1 minute was devoted to UL therapy (2% of a therapeutic session) [27]. In turn, the Dutch research revealed that early post-stroke UL rehabilitation lasted an average of approx. 8 minutes per day (21% of the total duration of physiotherapeutic sessions) and 37 minutes per day in the case of occupational therapy [28]. To compare, the findings of four studies (n=4) showed that stroke patients in

ćwiczeń KG podczas jednej sesji fizjoterapeutycznej, co stanowiło jej od 2% do 10%. Natomiast podczas jednej sesji terapii zajęciowej ćwiczenia zadaniowe KG trwały średnio 17 minut (9,3 do 28,9) co stanowi od 23% do 70% jednej sesji ćwiczeń [29,30].

Brak jest wiarygodnych badań i doniesień naukowych określających dawkę w postaci ilości powtórzeń aktywności ruchowych w sesji terapeutycznej w fazie ostrej po udarze [29]. Tylko dwa badania z obszernej metaanalizy odnotowują ilość zastosowanych powtórzeń- aktywności ruchowych (ang. Activity – related arm repetitions) w fazie podostrej po udarze. Jedno mówi o 23, drugie o 32 powtórzeniach aktywności ruchowych kończyny górnej [30] w trakcie fizjoterapii i terapii zajęciowej [29]. W ostatnim czasie pojawiły się również dwa niezależne badania pokazujące, że pacjenci w fazie podostrej po udarze są w stanie w ciągu godzinnej fizjoterapii wykonać od 251 do 281 różnych aktywności ruchowych KG z niedowładem [31,32]. Nie odnotowano żadnych polskich badań mówiących o dawce terapeutycznej aktywnych zadaniowych ćwiczeń KG, w tym ręki w postępowaniu fizjoterapeutycznym i terapii zajęciowej w okresie pierwszych czterech tygodni od udaru mózgu jak i w okresie późniejszym.

Strategie ćwiczeń kończyny górnej a wczesna fizjoterapia po udarze mózgu

Wielu badaczy skłania się do tego, że nie konkretna metoda fizjoterapeutyczna, a dobrze zindywidualizowane, dostosowane do konkretnego deficytu i potrzeb pacjenta oddziaływanie fizjoterapeutyczne zwiększa efektywność terapii. Nowoczesne metody fizjoterapeutyczne korzystają szczególnie z podejścia opartego na odtwarzaniu funkcji motorycznych, czyli przywracaniu w maksymalnie możliwy sposób stanu sprzed udaru [33,34]. W podejściu tym rozważane jest dążenie do wykonywania czynności w miarę możliwości w ten sam sposób i z tą samą efektywnością i skutecznością, co przed udarem. Taka strategia wydaje się szczególnie istotna we wczesnym okresie po udarze. W badaniach klinicznych niektóre rodzaje terapii wydają się efektywniejsze niż rehabilitacja konwencjonalna, co jest często spowodowane większą ilością terapii zastosowanej w grupie eksperymentalnej [34]. Liczne badania porównują różne „szkoły interwencji terapeutycznych”. Niestety tylko nieliczne badania porównują różne dawki terapeutyczne lub równą intensywność zróżnicowanych programów terapeutycznych.

Trwa nieustająca debata na temat, jaką terapią oddziaływać na pacjentów po udarze. Nie ma wystarczającej ilości dowodów pozwalających wybrać najlepszy rodzaj usprawniania KG lub taki, który ma najbardziej optymalną intensywność i ilość zastosowanych ćwiczeń. Pojawiają się wciąż nowe dowody na to, że fizjoterapia KG po udarze jest szczególnie efektyw-

the subacute phase received an average of 4 minutes (0.9 to 7.9) of active UL exercises per one therapeutic session, which accounted for 2% to 10% of the total duration of one session. In turn, UL motor tasks performed during one occupational therapy session took 17 minutes (9.3 to 28.9), which constituted 23% to 70% of one exercise session [29,30].

There are no reliable investigations that determine the dose in the form of the number of motor task repetitions in a therapeutic session in the acute phase after stroke [29]. Only two meta-analytic studies revealed the number of activity-related arm repetitions in the subacute phase after stroke (23 and 32 repetitions) [30] during physiotherapy and occupational therapy [29]. Recently, two independent investigations have revealed that during a one-hour session stroke patients in the subacute phase are capable of performing between 251 and 281 various motor activities related to their paretic UL [31,32]. There are no Polish studies on a therapeutic dose of activity-related UL exercises (including an arm) in physiotherapy and occupational therapy interventions in a period of the first four weeks after stroke and later.

Strategies of upper limb exercises and early physiotherapy after cerebral stroke

A number of scientists are inclined to believe that it is not a specific physiotherapeutic method that enhances therapy effectiveness but properly individualised physiotherapeutic interventions adjusted to particular deficits and needs of a patient. Modern physiotherapeutic methods are mainly based on reproducing motor functions, i.e. trying to return to a pre-stroke state as much as possible [33,34]. This approach focuses on striving, as far as possible, to perform activities in the same way and with the same effectiveness and efficiency as before stroke. This strategy seems to be particularly significant in the early post-stroke phase. In clinical research, some types of therapy appear to be more effective than conventional therapy, which often stems from the fact that an experimental group received more therapy [34]. Numerous studies compare different methods of therapeutic interventions. Unfortunately, there are very few investigations that compare different therapeutic doses or the same intensity of diverse therapeutic programmes.

There is an ongoing debate concerning which therapy ought to be applied in stroke patients. There is not enough evidence that would make it possible to choose the best type of UL rehabilitation programme or the one that would ensure optimal intensity and number of exercises. However, new evidence indicates that post-stroke UL physi-

na, gdy pacjent jest aktywnie zaangażowany w funkcjonalne zadania ruchowe (ang. Activity – related arm training) [31-33,35]. Za najbardziej obiecujące strategie we wczesnej fizjoterapii po udarze mózgu uważa się: zmodyfikowaną terapię ruchem wymuszonym koniecznością – ZTRWK (mCIMT- Modified Constraint-Induced Movement Therapy), terapię z zastosowaniem robotów, specyficzny powtarzalny trening zadaniowy (ang. Repetitive/Task – Specific Training Techniques), trening ruchowego wyobrażenia myślowego (ang. Mental Practice/Motor Imagery) oraz zastosowanie stymulacji półkuli uszkodzonej polem magnetycznym (TMS) [19,29,35,36].

Mimo, że rehabilitacja pacjentów po udarze zaczyna się w pierwszych dobach od zachorowania, to nadal w piśmiennictwie światowym mało jest prac badawczych z zakresu fizjoterapii KG dotyczących pierwszych 4 tygodni po udarze. Istniejące badania zwykle dotyczą małych prób lub nie spełniają warunków praktyki opartej na dowodach naukowych, zatem trudno na ich podstawie wyciągać daleko idące wnioski. Obecnie próbuje się adaptować nowoczesne metody usprawniania KG do okresu wczesnego po udarze czego przykładem jest zastosowanie CIMT i EMG-NMS w holenderskim wieloośrodkowym projekcie badawczym EXPLICIT (Explaining Plasticity after stroke) zakończonym w 2013 r. [33]. W piśmiennictwie (do grudnia 2016) zgodnie z wiedzą autorów brak jest polskich prac badawczych dotyczących fizjoterapii KG we wczesnym okresie poudarowym i niewiele w okresie późniejszym.

Dyskusja

Pomimo wzrastającej w ostatnich 10 latach ilości dowodów na to, że niezbędne jest zwiększanie dawki terapeutycznej ćwiczeń kończyny górnej, nadal postrzega się stosunkowo niski, niezmienny jej poziom szczególnie w odniesieniu do czasu (w minutach) przeznaczonego na terapię w codziennej praktyce klinicznej [26]. Wydaje się, że słaba poprawa sprawności ruchowej KG, może być spowodowana m.in. małą ilością stosowanej dawki ćwiczeń. Niewystarczająco wykorzystuje się potencjał do zdrowienia, który jest największy w fazie ostrej po udarze mózgu. Posiadamy bardzo małą wiedzę na temat stosowanej liczby powtórzeń aktywności ruchowych KG. Na podstawie znanych, stosunkowo nielicznych doniesień dawki wynoszą średnio maksymalnie ok. 27 powtórzeń co jest średnio ponad 15 razy mniej od dawek efektywnych stwierdzonych na modelach zwierzęcych (>400 powtórzeń) [29,30]. Zatem można wnioskować, że dawki takie są zdecydowanie poniżej poziomu skuteczności. Istnieją dowody na to, że możliwe jest zastosowanie u pacjentów we wczesnym okresie

otherapy is particularly effective if the patient is actively engaged in activity-related arm training [31-33,35]. The most promising strategies of early post-stroke rehabilitation include mCIMT – modified Constraint-Induced Movement Therapy, therapy with the use of robots, Repetitive/Task-Specific Training Techniques, Mental Practice/Motor Imagery and Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) [19,29,35,36].

Despite the fact that rehabilitation of stroke patients starts within the first days from stroke onset, the literature of the subject provides little information on UL physiotherapy within the first four weeks after stroke. Existing studies usually refer to small sample sizes or do not meet the criteria of evidence-based practice. Therefore, it is difficult to draw far-reaching conclusions on their basis. Currently, attempts are made to adapt modern methods of UL recovery to an early post-stroke stage. The use of CIMT and EMG-NMS in the Dutch multicentre research project EXPLICIT (Explaining Plasticity after stroke) completed in 2013 is a good example. [33]. To the best of our knowledge, until December 2016 there were no Polish studies on UL physiotherapy in the early post-stroke phase and only a few investigations were carried out later on.

Discussion

Despite increasing evidence (in the last 10 years) showing that it is necessary to increase a therapeutic dose of UL exercises, we can still observe its relatively low and unchanging level particularly in terms of time (in minutes) devoted to therapy in everyday clinical practice [26]. It seems that insufficient UL motor improvement may be brought about by implementing too few exercises. Recovery potential, which is the greatest in the acute phase after stroke, is not adequately used. We only have rudimentary knowledge about the number of activity-related arm repetitions. Drawing on few available reports, an average of 27 repetitions are performed, which is over 15 times less than effective doses observed in animal models (>400 repetitions) [29,30]. Therefore, it can be concluded that such doses are significantly below effectiveness levels. There is evidence that, in the case of patients in the early post-stroke phase, it is possible to apply the same exercise doses as in animal models. Some authors also claim that it is not feasible in clinical practice [4,31]. It seems necessary to create new systemic solutions that would increase a daily therapeutic dose bearing in mind therapeutic safety rules. It is highly likely that UL training intensity in Poland in the early post-stroke rehabilitation phase is insufficient. Basing on the world literature, it can be stated that the most probable causes of limiting therapeutic doses of UL

po udarze mózgu takiej dawki ćwiczeń jaka proponowana jest na modelach zwierzęcych. Pojawiają się również głosy mówiące o tym, że nie jest to wykonalne w praktyce klinicznej [4,31]. Wydaje się konieczne stworzenie nowych systemowych rozwiązań zwiększających codzienną dawkę terapeutyczną, z zachowaniem zasad bezpieczeństwa terapeutycznego. Jest wysoce prawdopodobne, że w Polsce intensywność treningu KG we wczesnej fazie poudarowej rehabilitacji jest niewystarczająca. W światowej literaturze jako najbardziej prawdopodobne przyczyny ograniczenia dawki terapeutycznej ćwiczeń KG we wczesnym okresie poudarowym wymienia się: potrzebę szybkoego usamodzielnienia się w zakresie lokomocji, ograniczony czas pobytu w oddziale rehabilitacji, ograniczenia ekonomiczne (mała ilość personelu fizjoterapeutów i terapeutów zajęciowych), brak możliwości samodzielnego poruszania ręką i ograniczony dostęp do urządzeń pomocniczych tj. roboty czy elektrostimulacja, stan wiedzy i przyzwyczajenia personelu [4].

Dawka ćwiczeń pojmowana w aspekcie czasowym posiada swoje ograniczenia, a mianowicie nie dostarcza dowodów na rzeczywistą ilość ruchu. Potwierdzeniem tego jest badanie, które wykazuje, że podczas 30 minutowej jednostki ćwiczeń w poudarowej rehabilitacji szpitalnej ilość powtórzeń zadań funkcjonalnych waha się od 4 do 369 [37]. Dawka określona przez liczbę powtórzeń ruchu wydaje się być bardziej zrozumiała, jednak umiejętność skutecznego uchwycenia powtórzeń ruchu stanowi wyzwanie kliniczne. Rośnie zainteresowanie wykorzystaniem monitorów rejestrujących ruch kończyny i akcelerometrów, w celu policzenia ilości aktywności ruchowych i powtórzeń [32]. Niski koszt takich urządzeń, zdolność do informacji zwrotnej oraz aktywne angażowanie pacjenta podczas treningu to główne zalety zastosowania takiego sprzętu.

Niezbędne wydaje się określenie zależności zastosowanej dawki ćwiczeń i efektu terapeutycznego, czyli stopnia poprawy sprawności KG, przy wykorzystaniu wymiernych metod pomiarowych we wczesnym okresie po udarze mózgu.

Obok określenia dawki terapeutycznej, niewyjaśniony pozostaje optymalny dobór środków terapeutycznych. We wczesnym okresie po udarze mózgu, głównym celem usprawniania KG jest wspieranie neurobiologicznych mechanizmów zdrowienia obejmujących procesy plastycznej reorganizacji mózgu przy świadomości lokalizacji i rozległości uszkodzenia. Terapiami pierwszego wyboru powinny być te metody, które są ukierunkowane na zwiększoną ilość powtórzeń i intensywność ćwiczeń, aktywny udział pacjenta w funkcjonalnych zadaniach ruchowych oraz odtworzenie utraconego ruchu z zachowaniem wzorca naturalnego. Należy pamiętać, że chorzy z zachowaną

exercises in the early post-stroke phase are as follows: the need to become physically independent as soon as possible, a short stay in a rehabilitation ward, economic constraints (too few physiotherapists and occupational therapists), being unable to move one's own arm without assistance, a limited access to supplementary devices (e.g. robots or electrical stimulation) as well as the knowledge and habits of the staff [4].

The dose of exercises defined by time has some limitations, i.e. it does not provide any information regarding the actual amount of movement. It is confirmed by the study which revealed that during a 30-minute session in post-stroke inpatient rehabilitation, the number of functional task repetitions ranged from 4 to 369 [37]. The dose defined by the number of task repetitions seems to be more understandable, yet the skill of capturing task repetitions effectively poses a clinical challenge. There is a growing interest in using monitors registering limb movement and accelerometers in order to count activity-related arm repetitions [32]. A low cost of such devices as well as feedback capabilities and the patient's active involvement in training are the main advantages of using such equipment.

It seems necessary to determine correlations between exercise doses and therapeutic effects, i.e. the level of UL improvement, with the use of rational measurement methods in the early post-stroke phase.

Beside determining a therapeutic dose, an optimal selection of therapeutic means remains unexplained. In the early post-stroke phase, the main goal of UL rehabilitation is to support neurobiological mechanisms of recovery that involve processes of plastic reorganization of the brain taking into account stroke location and severity. First-choice therapies should include methods oriented at an increased number of repetitions and greater exercise intensity, a patient's active participation in functional motor tasks and recreating the lost movement while maintaining a natural pattern. We ought to remember that the presence of minimal finger extension predicts full UL functional recovery [7].

Conclusion

There is a lot of evidence that early post-stroke rehabilitation is both necessary and effective; however, there are not enough foundations for determining its optimal intensity and type.

There is a shortage of ample multicentre studies which would be uniform in terms of research groups and tools and which would be aimed at defining an optimal model of functional UL rehabilitation in the early post-stroke phase.

It is disturbing that there are just a few Polish studies regarding this area. A number of the following questions remain unanswered:

minimalną możliwością wyprostowania palców, rokując pełną poprawę funkcji KG [7].

Wnioski

Wiele dowodów potwierdza, że rehabilitacja we wczesnej fazie po udarze jest potrzebna i efektywna jednak nadal brakuje wystarczających przesłanek, aby określić jej optymalną intensywność i rodzaj.

Brakuje dużych, ujednoczonych pod względem grup i narzędzi badawczych wielośrodkowych prac badawczych, dla określenia optymalnego modelu usprawniania funkcji ruchowych KG we wczesnej fazie po udarze mózgu.

Niepokojąco mało jest polskich doniesień dotyczących tego obszaru. Wiele pytań pozostaje bez odpowiedzi:

- Jaka jest dawka ćwiczeń KG we wczesnej fizjoterapii po udarze mózgu?
- Jakich środków terapeutycznych używają polscy fizjoterapeuci?
- Czy terapeuci zajęciowi uczestniczą we wczesnym procesie usprawniania pacjentów?
- Jaka jest efektywność wczesnej fizjoterapii KG, a jakie są granice biologiczne poprawy?

Istnieje potrzeba przeprowadzenia rozległych badań, najlepiej wielośrodkowych, aby móc nakreślić jednolity model fizjoterapii KG i na tej podstawie ocenić granice możliwości fizjoterapeutycznych poprawy KG.

- What is the dose of UL exercises in the early post-stroke rehabilitation?
- What therapeutic methods do Polish physiotherapists use?
- Do occupational therapists participate in the early process of rehabilitation?
- How effective is early UL rehabilitation and what are biological limits of improvement?

There is a need to carry out extensive (possibly multicentre) research in order to be able to determine a uniform model of UL physiotherapy and to estimate physiotherapeutic limits of UL improvement.

Piśmiennictwo/References

1. Warlow C, Sudlow C, Dennis M, Wardlaw J, Sandercock P. Stroke. *Lancet* 2003;362(9391):1211–24.
2. Kwakkel G, Kwakkel G, Kollen BJ, van der Grond J, Prevo AJ. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb. The impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke* 2003;34:2181–6.
3. Nakayama H, Jørgensen HS, Raaschou H, Olsen TS. Recovery of upper extremity function in stroke patients: The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:394–8.
4. Hayward KS, Brauer SG. Dose of arm activity training during acute and subacute rehabilitation post stroke: a systematic review of the literature. *Clin Rehabil* 2015;29(12):1234–43.
5. Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of walking function in stroke patients: The Copenhagen stroke study. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:27–32.
6. Coupar F, Pollock A, Rowe P, Weir C, Langhorne P. Predictors of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2011;26(4):291–313.
7. Nijland RH, vanWegen EE, Kwakkel G. EPOS Investigators. Presence of finger extension and shoulder abduction within 72 hours after stroke predicts functional recovery: early prediction of functional outcome after stroke: The EPOS cohort study. *Stroke* 2010;45:745–50.
8. Stinear C. Prediction of recovery of motor function after stroke. *Lancet Neurol* 2010;9:1228–32.
9. Kwakkel G, Kollen B. Predicting improvement in the upper paretic limb after stroke: a longitudinal prospective study. *Restor Neurol Neurosci* 2007;25:453–60.
10. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: A systematic review. *Lancet Neurol* 2009;8:741–54.
11. Chen SY, Winstein CJ. A systematic review of voluntary arm recovery in hemiparetic stroke: critical predictors for meaningful outcomes using the international classification of functioning, disability, and health. *J Neurol Phys Ther* 2009;33(1):2–13.
12. Buma F, Kwakkel G, Ramsey N. Understanding upper limb recovery after stroke. *Restor Neurol Neurosci* 2013;31:707–22.
13. Murphy TH, Corbett D. Plasticity during stroke recovery; From synapse to behavior. *Nat Rev Neurosci* 2009;10:861–72.
14. Kordelaar J, Wegen E, Kwakkel G. Impact of time on quality of motor control of the paretic upper limb after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95(2):338–44.

15. Duff M, Chen Y, Cheng L, Liu SM, Blake P, Wolf SL, et al. Adaptive mixed reality rehabilitation improves quality of reaching movements more than traditional reaching therapy following stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2013;27(4):306-15.
16. Cumming TB, Thrift AG, Collier JM, Churilov L, Dewey HM, Donnan GA, et al. Very Early Mobilization After Stroke Fast-Tracks Return to Walking: Further Results From the Phase II AVERT Randomized Controlled Trial. *Stroke* 2011;42:153-8.
17. Wytyczne Grupy Ekspertów. Sekcji Chorób Naczyniowych. Polskiego Towarzystwa Neurologicznego. *Neurol Neurochir Pol* 2012; 46, Supl 1.
18. Geyh S, Cieza A, Schouten J, Dickson H, Frommelt P, Omar Z, et al. ICF Core Sets for stroke. Guidelines for the Early Management of Patients With Ischemic Stroke. *J Rehabil Med* 2004; 36 Supl 44:135-41.
19. Adams H, Adams R, Del Zoppo G, Goldstein LB. Guidelines for the Early Management of Patients With Ischemic Stroke. *Stroke* 2005;36:916-23.
20. Kleim JA, Jones TA. Principles of experience- dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hearing Res* 2008;51:225–39.
21. Kleim JA, Lussnig E, Schwarz ER, Comery TA, Greenough WT. Synaptogenesis and Fos expression in the motor cortex of the adult rat after motor skill learning. *J Neurosci* 1996;16:4529–35.
22. Teskey GC, Flynn C, Goertzen CD, Monfils MH, Young NA. Cortical stimulation improves skilled fore- limb use following a focal ischemic infarct in the rat. *Neurological Res* 2003;25:794–800.
23. Bernhardt J, Chan J, Nicola I, Collier JM. Little therapy, little physical activity: Rehabilitation within the first 14 days of organized stroke unit care. *J Rehabil Med* 2007;39:43–8.
24. Peurala SH, Airaksinen O, Jakala P, Tarkka IM, Sivenius J. Effects of intensive gait-oriented physiotherapy during early acute phase of stroke. *J Rehabil Res Develop* 2007;44:637–48.
25. Hayward KS, Barker RN, Wiseman AH, Brauer SG. Dose and content of training provided to stroke survivors with severe upper limb disability undertaking inpatient rehabilitation: An observational study. *Brain Impairment* 2013;14:392–405.
26. Elson T, English C, Hillier S. How much physical activity do people recovering from stroke do during physiotherapy sessions? *Int J Ther Rehabil* 2009;16:78–84.
27. Wolf SL, Kwakkel G, Bayley M, McDonnell MN. Upper Extremity Stroke Algorithm Working Group. *Physiotherapy* 2016; Mar;102(1):1-4.
28. Kimberley TJ, Samargia S, Moore LG, Shakya JK, Lang CE. Comparison of amounts and types of practice during rehabilitation for traumatic brain injury and stroke. *J Rehabil Res Develop* 2010;47:851–62.
29. Lang CE, MacDonald JR, Reisman DS, Boyd L, Jacobson Kimberley T, Schindler-Ivens SM. et al. Observation of amounts of movement practice provided during stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:1692–8.
30. Waddell KJ, Birkenmeier RL, Moore JL, Hornby TG, Lang CE. Feasibility of high-repetition, task-specific training for individuals with upper-extremity paresis. *Am J Occup Ther* 2014;68:444–53.
31. Connell LA, McMahon NE, Simpson LA, Watkins CL, Eng JJ. Investigating measures of intensity during a structured upper limb exercise program in stroke rehabilitation: An exploratory study. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:2410–19.
32. Kwakkel G. Effects of Unilateral Upper Limb Training in Two Distinct Prognostic Groups Early After Stroke: The EXPLICIT-Stroke Randomized Clinical Trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2016;30(9):804-16.
33. Taub E, Uswatte G, King DK, Morris D, Crago JE, Chatterje A. A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. *Stroke* 2006;37:1045–9.
34. Reiss AP, Wolf SL, Hammel EA, McLeod EL. Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT): Current Perspectives and Future Directions. *Stroke Research and Treatment* 2012;1155;159391-400.
35. Bosch J, O'Donnell MJ, Barreca S, Thabane L, Wishart L. Does task-oriented practice improve upper extremity motor recovery after stroke? A systematic review. *ISRN Stroke* 2014; 504910.
36. Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation [Internet] London, Ontario, Canada: Last [Updated: September 2016;cited 2016 November]. Available from:<http://www.ebrsr.com/evidence-review/10-upper-extremity-interventions>.
37. Scrivener K, Sherrington C, Schurr K, Treacy D. Many participants in inpatient rehabilitation can quantify their exercise dosage accurately: An observational study. *Australian J Physiother* 2011;57:117–22.

