研究報告

踏む，跨ぐ動作を加えたTimed Up & Go Testの検者内信頼性と基準関連妥当性*

田中敬大[1)]・平井達也[2)]・石川康伸[3)]・吉元勇輝[4)]
若月勇輝[5)]・青山満喜[6)]

【要　旨】

【目的】Timed Up & Go Test（以下，TUG）に踏む，跨ぐ動作を加えたmodified TUG（以下，mTUG）を実施し，その検者内信頼性と基準関連妥当性を検討することを目的とした．【方法】mTUGは，TUGの評価に加えて，1 mの位置に青いテープ，2 mの位置に赤いテープを貼り，青いテープは踏み，赤いテープは跨ぐ課題を追加した．TUG，mTUGそれぞれについて，相対信頼性の検討には，級内相関係数を行い，絶対信頼性の検討にはBland-Altman分析を行った．誤差の許容範囲，最小可検変化量も算出した．妥当性は，Short Physical Performance Battery（以下，SPPB），TUGとの関係をPearsonの積率相関係数（r）を用いて検証した．【結果】mTUGは1回目15.0 ± 5.9秒，2回目14.5 ± 6.5秒であった．mTUGのエラー数の中央値（最小－最大）は，踏みエラーが0（0-3）回，跨ぎエラーが1（0-4）回であった．Bland-Altman分析の結果は，TUGにおいて0.05（p = 0.35），mTUGは-0.11（p = 0.02）であった．誤差の許容範囲は，TUGにおいて-1.84 ～ 2.43秒，mTUGは，-0.86 ～ 2.03秒であった．最小可検変化量はTUGにおいて2.96秒，mTUGは3.64秒であった．妥当性については，全てに有意な相関が認められた．【結論】本研究の結果から，エラーを直接的に評価できるmTUGは，高い信頼性と基準関連妥当性を有していることが示唆された．

キーワード：mTUG，検者内信頼性，基準関連妥当性

はじめに

わが国における要介護認定者は2015年累計で606.8万人に上り，社会保障給付費は114兆円を超え過去最高の水準となった[1)]．現在も高齢化は進んでおり，要介護認定者を増加させないようにする対策が求められている．要介護認定となる原因は，脳血管障害，認知症，衰弱，転倒・骨折が挙げられるが，とりわけ，転倒予防は理学療法分野で重要視されてきた．しかし，最近の報告においても，高齢者の1年間の転倒率は地域在住高齢者で約11 ～ 53%[2-4)]，通所介護施設の利用者で25.3%[5)]と報告され，転倒への対応は未だに課題が残る．

運動機能測定は転倒予防や介護予防において様々行われている．Timed Up & Go Test（以下，

＊ Intra-rater Reliability and Crierion-Related validity of Timed Up & Go Test with stepping and straddling action

1）犬山駅西病院
（〒484-0081　愛知県犬山市大字犬山字高見町11番地）
Takahiro Tanaka, PT: Department of Rehabilitation, Inuyamaekinishi Hospital

2）名春中央病院　リハビリテーション科
Tatsuya Hirai, PT: Department of Rehabilitation, Meisyun Central Hospital

3）医療法人田中会　西尾病院　リハビリテーション室
Yasunobu Ishikawa, PT: Department of Rehabilitation, Nishio Hospital

4）医療法人和光会　介護老人保健施設清風苑
Yuuki Yoshimoto, PT: Department of Rehabilitation, Health Care Facility Seifuuen

5）医療法人和光会　川島病院　リハビリテーション部
Yuuki Wakatsuki, PT: Department of Rehabilitation, Kawashima Hospital

6）常葉大学　保健医療学部
Maki Aoyama, PT: Faculty of Medicine School of Health Sciences, Tokoha University

＃ E-mail: keidai5353@hotmail.co.jp

TUG）は転倒を予測する指標として転倒・介護予防の現場でも広く使用され，高い信頼性であることが報告されている[6]．TUGは起立，歩行，方向転換，着座の動作が含まれ動的なバランスを評価しているが，転倒の直接的な原因を評価するものではない．実際の転倒の原因は，バランスを崩した，躓いた，踏み外した，接触した[5]など運動のエラーである．

高齢者の歩行中の運動のエラーについては様々な報告がされている．加齢との関連においては，跨ぎ動作を観察し，高齢者が若年者と比較して，身体能力を過大評価していること[7]や，足底接地位置の知覚は，高齢者の方が，若年者より誤差が少なかったことが報告[8]されている．また，転倒との関連においては，跨ぎ動作時の障害物と足尖との距離を転倒者と非転倒者で比較し，有意差が認められなかったと報告[9]されている．これらの知見は，運動のエラーを実験的に観察した際に，必ずしも機能低下と関連しているわけではないことを示す．この理由として，先行研究のような実験的な環境では，日常の動作とは異なり，普段以上に注意してしまうという可能性が考えられる．また，実際の物体を跨ぐ動作の観察は，検査中に転倒リスクもある．さらに，転倒のようなエラーは歩行や跨ぎ動作中に必ず生じるわけではなく，複数回の動作中に生じる．実験的には，1回エラーが生じるとフィードバックにより2回目の動作に影響を与えるため，繰り返し行えないなどのデメリットがある．

そこで本研究は，転倒リスクを最小限に抑え，エラー情報のフィードバックがかからない状況で歩行能力を簡便に観察するため，TUGに床のテープを踏む，跨ぐ動作を加えたmodified TUG（以下，mTUG）を考案した．本研究はmTUGの臨床現場での使用可能性を検討するための基礎データとして，その検者内信頼性と基準関連妥当性について検証することを目的とした．TUGは省スペースで転倒・介護予防の現場でよく使用され，実施方法に慣れており基準が明確である．このTUGをベースとしたmTUGの信頼性と妥当性が担保されれば，臨床において転倒リスクの評価やアプローチを行うための新たなツールとなるかの検討が可能と考える．

対象および方法

対象は介護認定を受けている41名（女性23名，男性18名，年齢81.6 ± 6.2歳）で，その内訳は外来リハビリテーション（以下，リハ）通院中患者2名，入院リハ中患者9名，通所リハ利用者26名，介護老人保健施設の入所者4名であった．対象者は補助具なし歩行，または杖歩行が可能で，後述するmTUGの課題が理解できた者とした．対象者の基本データを表に示す（表1）．すべての対象者に本研究の主旨および目的を書面と口頭で説明し，署名にて参加の同意を得た．研究に先立ち，共著者の所属である名春中央病院の研究倫理委員会の承認を得た（承認番号R02-1）．

TUGは座位から離殿し，3m先のコーンを回り，着座するまでの時間をストップウォッチにて測定した[6]．回る方向は自由とし，できるだけ早く歩くよう指示した．mTUGの測定方法は，TUGの方法に加えて，椅子から1 mの床に青いテープ，2mの位置に赤いテープを貼り，青いテープは踏み，赤いテープは跨ぐ課題とした．TUGと同様，離殿から着座までの時間（mTUG遂行時間）と試行2回のエラー数（踏みエラー，跨ぎエラー，合

表1．対象者の基本データ（n = 41）

性別	女性23名 男性18名	
年齢	81.6 ± 6.2歳	
身長	153.6 ± 9.3 cm	
体重	51.8 ± 11.1 kg	
介護度の内訳		
要支援1	8名	
要支援2	9名	
要介護1	6名	
要介護2	11名	
要介護3	4名	
要介護4	3名	
要介護5	0名	
	1回目	2回目
TUG	12.3 ± 5.0秒	12.0 ± 5.9秒
mTUG	15.0 ± 5.9秒	14.5 ± 6.5秒
SPPB＊	8（2-12）点	
エラー数＊	総エラー1（0-7）回 踏みエラー0（0-3）回 跨ぎエラー1（0-4）回	

TUG：Timed Up & Go Test，mTUG：modified Timed Up & Go Test，SPPB：Short Physical Performance Battery
平均 ± 標準偏差
＊中央値（最小値－最大値）

計エラー）を測定した．すべての対象者に対し，mTUG の実施前にテープの色の違いが認識できることを確認した．また，課題内容の理解については，課題の実施前後にどちらの色のテープを踏んで，どちらの色のテープを跨ぐのかを質問し，完全に回答できたものを研究対象とした．TUG，mTUG とも 2 回ずつ行い，測定順は順序効果を考慮し対象者毎に変えた．Short Physical Performance Battery（以下，SPPB）は，Guralnik ら[10] の原版に準じ，疲労などを考慮し，TUG，mTUG 測定後 3 日以内に測定を終えることとした．すべて，同一セラピストが測定した．

得られた TUG，mTUG 遂行時間の各 2 回の測定値から信頼性の検討を行った．相対信頼性の検討には級内相関係数（intraclass correlation coefficients；以下，ICC）(1,1) を行い，絶対信頼性（系統誤差・偶然誤差）の検討には Bland-Altman 分析[11] を行った．Bland-Altman 分析においては，1 回目と 2 回目の測定値の平均を x 軸，1 回目と 2 回目の測定値の差を y 軸とする散布図（Bland-Altman プロット）をそれぞれ作成した．2 つの測定値間の加算誤差の有無を判断するため，測定値間の差の平均の 95% 信頼区間を求めた．95% 信頼区間に 0 が含まれない場合，加算誤差が存在すると判定した．また，比例誤差の有無を判断するため，作成した Bland-Altman プロットの回帰式を算出し，回帰の有意性の検定を行った．回帰が有意であった場合，比例誤差が存在すると判定した．さらに，測定値の誤差の許容範囲（limits of agreement；以下，LOA），測定の標準誤差（standard error of measurement；以下，SEM），最小可検変化量（minimal detectable change；以下，MDC）も算出した．基準関連妥当性については，下肢機能評価の指標として活用されている SPPB，TUG と mTUG の遂行時間およびエラー数との関係を Spearman の順位相関係数（rs）を用いて検証し，有意水準は 5% とした．

結果

TUG は，1 回目（平均値 ± 標準偏差）12.3 ± 5.0 秒，2 回目 12.0 ± 5.9 秒であった．mTUG は 1 回目 15.0 ± 5.9 秒，2 回目 14.5 ± 6.5 秒であった．mTUG の 2 回の総エラー数の中央値（最小値－最大値）は，1（0-7）回，その内，踏みエラーが 0（0-3）回，跨ぎエラーが 1（0-4）回であった（表 1）．

ICC（1,1）は，TUG：0.95，mTUG：0.95 であった．Bland-Altman 分析において，95% 信頼区間は，TUG は −0.18 ～ 0.77，mTUG は −0.13 ～ 1.04 であり，両課題とも 0 を含むため加算誤差はないと判定した．Bland-Altman プロット（図 1，2）の回帰式について，TUG では，回帰直線の傾きは 0.05（$p = 0.35$）で比例誤差はなし，mTUG では −0.11（$p < 0.02$）で比例誤差が確認された．LOA は TUG で −1.84 ～ 2.43 秒，mTUG は比例誤差を認めたため，相対軸プロットにて算出した結果 −8.67 ～ 17.60% であった（表 2）．偶然誤差を求めるため，SEM，MDC_{95} を算出し，SEM は TUG が 0.21 秒，mTUG が 0.26 秒，MDC_{95} は TUG が 2.96 秒，mTUG が 3.64 秒であった．mTUG の比例誤差について，Flansbjer[12] に従い 2 標準偏差以上の外れ値を除外した Bland-Altman プロットにて再度回帰分

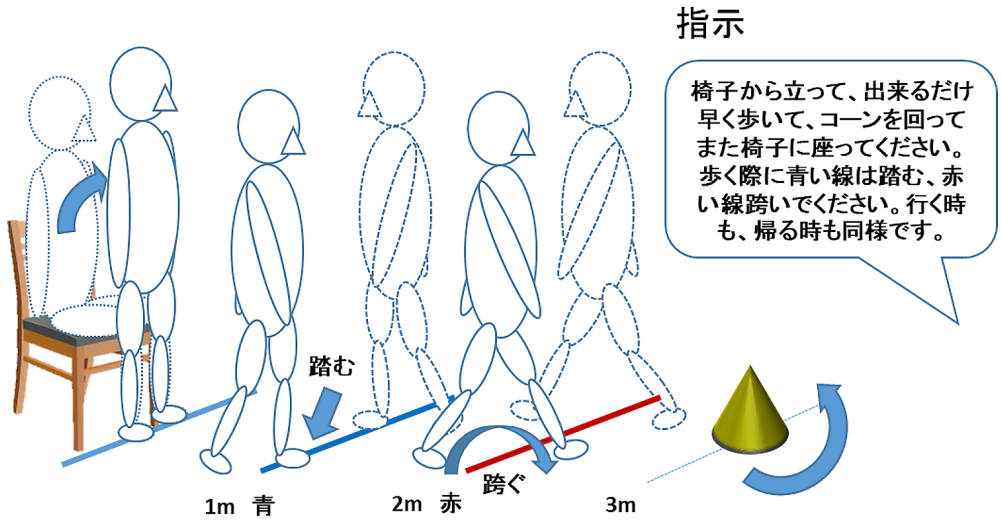

図 1. modified Timed Up & Go Test の実施方法

表 2. 信頼性検討の結果

	ICC（1, 1）	Bland-Altman 分析						SEM	MDC_{95}
		LOA	加算誤差		比例誤差				
			95%信頼区間	有無	回帰直線の傾き		有無		
TUG	0.95	−1.84 ～ 2.43	−0.18 ～ 0.77	なし	0.05	p = 0.35	なし	0.21	2.96
mTUG	0.95	−8.67 ～ 17.60＊	−0.13 ～ 1.04	なし	−0.11	p = 0.02	あり	0.26	3.64
mTUG ＊＊	—	−0.86 ～ 2.03	—	—	−0.01	p = 0.66	なし	—	—

TUG：Timed Up & Go Test，mTUG：modified Timed Up & Go Test，ICC：intraclass correlation coefficients，LOA：limits of agreement，SEM：standard error of measurement，MDC：minimal detectable change
＊相対軸プロットによる LOA，＊＊ 2SD 以上の 2 名除外し，再計算した比例誤差と LOA

析を行ったところ，傾きが −0.01（p = 0.66）となり，比例誤差は消失した．また，それに伴う LOA の再計算を行ったところ，−0.86 ～ 2.03 秒であった．基準関連妥当性について，mTUG 遂行時間と TUG（rs = 0.94），SPPB（rs = −0.78），総エラー数と TUG（rs = 0.58），SPPB（rs = −0.48）に有意な相関（すべて p < 0.01）が認められた（表 3）．

表 3. mTUG と運動機能との相関係数（rs）

	SPPB	TUG
mTUG	−0.78	0.94
mTUG エラー数	−0.48	0.58

mTUG：modified Timed Up & Go Test
rs：Spearman 順位相関係数　全て p < 0.01

考察

通常の TUG は，実際の転倒の原因[5]である躓きや踏み外しなどの運動のエラーの評価を含んでいない．臨床において転倒の直接的な原因となる運動のエラーの観察は重要な観点である．今回，転倒予防領域で利便性の高い TUG に踏む，跨ぐ課題を加えた mTUG を地域在住高齢者より転倒リスクが高いと考えられる介護認定を受けている高齢者に実施した．通常 TUG などの現場で利用される運動機能評価は信頼性や妥当性が確認されており[13)14)]，mTUG においても検討する必要がある．そこで本研究では級内相関係数による相対信頼性と Bland-Altman 分析による絶対信頼性の検討を行った．

相対信頼性では TUG，mTUG ともに ICC（1,1）は 0.95 を示し，Landis ら[15]の基準から「Almost Perfect」の範囲内であり，本研究での検者内信頼性は高いことが示唆された．これまでの TUG 測定の信頼性の報告によると ICC は 0.8 以上を示し[16)17)]，本研究においても先行研究の結果を支持するものとなった．

絶対信頼性の評価では Bland-Altman 分析を用いて系統誤差の有無を検討した．結果，TUG，mTUG の 95% 信頼区間は 0 が含まれていたため，加算誤差は存在しないと判定した（表 1）．先行研究でも TUG の加算誤差は存在しないことが報告されており[18]，本研究でも同様の結果であった．一方，比例誤差では mTUG の Bland-Altman プロットが負の方向に開いた扇形の分布で，散布している傾向が確認された（図 2）．Bland-Altman プロットの回帰検定では有意性が認められ，比例誤差の存在が確認された．Flansbjer ら[12]は歩行パフォーマンステストの信頼性検討において，比例誤差の確認後，2 標準偏差を越える外れ値を除いて再解析したところ，比例誤差が消失したと報告している．本研究においても同様に再解析したところ，比例誤差が消失した（表 2）．以上のことより，mTUG では比例誤差が認められたが，対象者による誤差の外れ値を除外することで，絶対信頼性が得られることが示唆された．

本研究では TUG の SEM，MDC_{95} はそれぞれ 0.21 秒，2.96 秒であった．要介護高齢者 90 名を対象とした大田尾ら[19]の研究では，SEM が 1.3 秒であった．また，対象は異なるが Yuksel ら[20]の人工膝関節置換術後患者を対象とした研究では，MDC_{95} は 2.27 秒と報告しており，本研究では Yuksel らの結果に近い値となった．mTUG の SEM，MDC_{95} はそれぞれ 0.26 秒，3.64 秒で，MDC_{95} は TUG の先行研究より高い値を示した．LOA について本研究の TUG では -1.84 ～ 2.43 秒であり，大田尾ら[19]が示した TUG の LOA-1.9 ～ 1.0 と比較するとやや広い値となった．この理由として，大田尾らは介護保険未認定から要介護 2 までの者を対象としている．一方，本研究の対象は要支援 1 から要介護 4 までとしており，対象者の介護度の幅の違

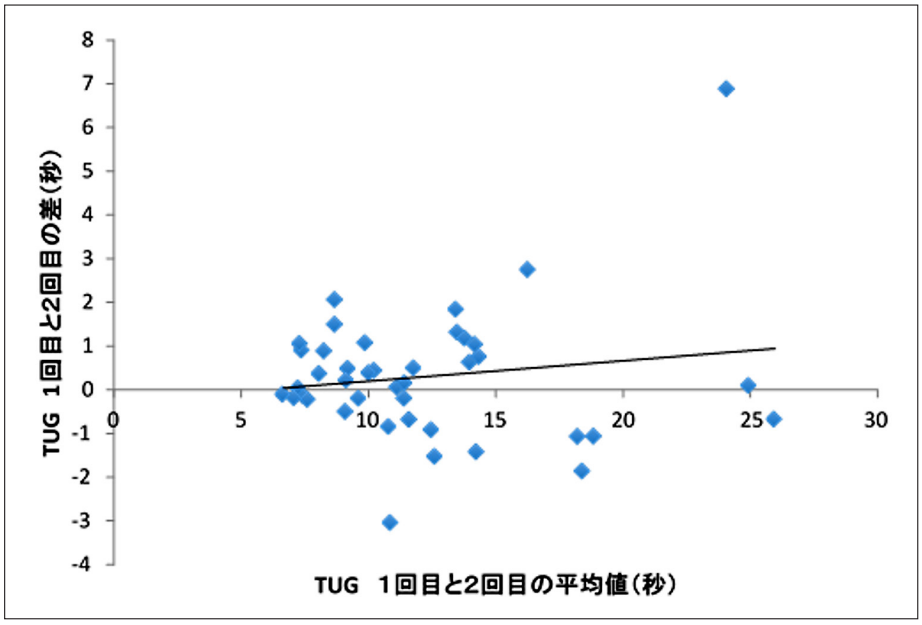

図 2. Timed Up & Go Test の Bland-Altman プロット

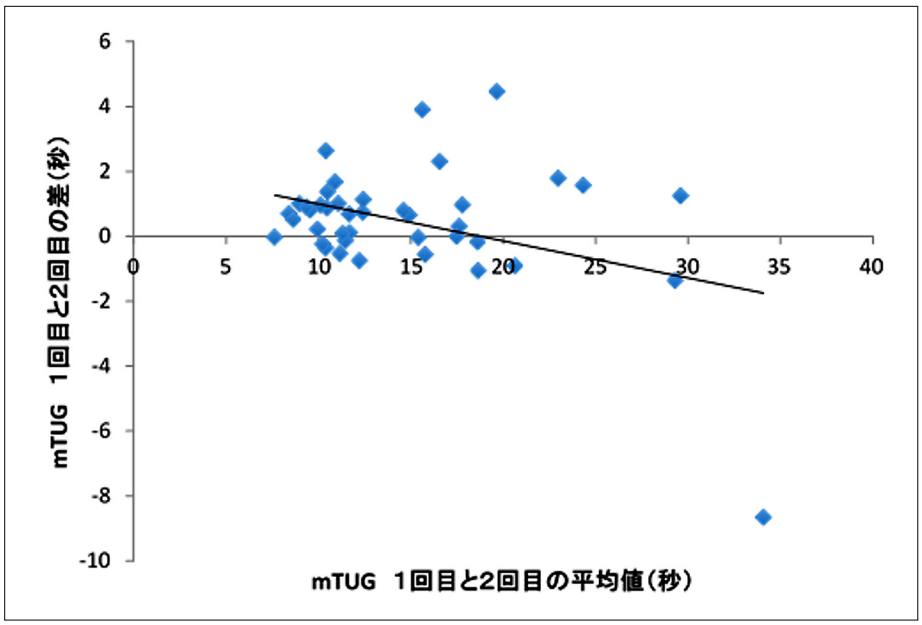

図 3. modified Timed Up & Go Test の Bland-Altman プロット

いが反映されたと考える．また，mTUG の LOA は −0.86 ～ 2.03 秒であり，TUG と比較しやや狭い値となっているが，mTUG においては ± 3 秒程度の測定誤差を考慮する必要があると考える．

基準関連妥当性の検討として，mTUG 遂行時間，エラー数と TUG，SPPB との相関関係をみた．相関関係はすべて有意であり，mTUG の遂行時間と総エラー数の両方において基準関連妥当性があることが確認された．

本研究の限界として，信頼性の検討は検者内であり，検者間の測定信頼性は検討していない．また，mTUG は床に貼ったテープへの注意を要する課題であり，通常の TUG より認知的負荷量が多くなると考えられるが，注意機能との関連は検討できていない．さらに，本研究は介護認定を有する介護施設利用者や入院患者を対象とした mTUG 測定に関する基礎研究であり，mTUG の臨床的な意義について明らかにしていない．今後は検者間の信頼性，加齢の影響，認知機能や歩行機能との関連など基礎的な研究を進めるとともに，介護度や転倒との関連，介入による変化など，臨床的意義についても検討する必要がある．

結論

今回，臨床にて広く使用されているTUGに踏む，跨ぐを加えたmTUGの検者内信頼性と基準関連妥当性を検討した．相対信頼性については，TUGと同様，mTUGにおいても高いことが確認された．絶対信頼性については，外れ値を除外することで，加算誤差，比例誤差ともに認めず，絶対信頼性が得られることが確認された．mTUGの遂行時間とエラー数においては，TUGとSPPBとの有意な相関関係が確認され，基準関連妥当性があることが示された．本研究の結果からmTUGは高い信頼性と基準関連妥当性を有していることが示唆された．

謝辞

本研究にご協力いただきました対象者の皆様，ならびに調査測定に協力いただいた関係者各位に深く感謝致します．

【文　献】

1) 平成30年度版高齢者白書．https://www8．cao．go jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/zenbun/index．html（2020年5月16日引用）
2) 大久保善郎，清野諭・他：地域在住高齢者における運動習慣と転倒の関連．体力科学．2014; 63: 391-400.
3) 井上椋太，村田伸・他：地域在住高齢者の転倒要因に関する研究 - 身体・認知・精神機能の共分散分析による検討．ヘルスプロモーション理学療法研究．2015; 5: 139-143.
4) 古田良江，鈴木みずえ：地域高齢者の転倒・疼痛と健康関連QOLとの関連：横断研究．日本転倒予防学会誌．2016; 2: 41-48.
5) 鈴川芽久美，島田裕之・他：要介護高齢者における転倒と骨折の発生状況．老年医学会雑誌．2009; 49 (4) : 334-340.
6) 橋立博幸，内山靖：虚弱高齢者におけるTimed “Up & Go” Testの臨床的意義．理学療法学．2005; 32 (2) : 59-65.
7) R Sakurai, Y Fujiwara, et al.: Age-related self-overestimation of step-over ability in healthy older adults and its relationship to fall risk. BMC Geriatr. 2013; 13: 44.
8) 長尾 裕太，小林 吉之・他：人が知覚している足部位置と実際の足部位置との誤差の特性（高齢者と若年者における傾向の比較）．日本機械学会論文集C編．2011; 77 (783) : 4181-4188.
9) 相馬正之，島村 亮太・他：地域高齢者の障害物を跨ぐ際における足尖・障害物間距離と転倒経験の有無と主観的つまずき易さの関係について．理学療法科学．2009; 24 (5) : 703-707.
10) Guralnik JM, Ferrucci L, et al.: Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. N Engl J Med. 1995; 332: 556-561.
11) 下井俊典：評価の絶対信頼性．理学療法科学．2011; 26 (3) : 451-461.
12) Flansbjer UB, Holmback AM, et al.: Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. J Rehabil Med. 2005; 37 (2) : 75-82.
13) Bischoff HA, Conzelmann M, et al.: Self-reported exercise before age 40: Influence on quantitative skeletal ultrasound and fall risk in the elderly. Arch Phys Med Rehabil. 2001; 82: 801-806.
14) Shumway-Cook A, Brauer S, et al.: Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test．Phy Ther. 2000; 80: 896-903.
15) Landis JR, Koch GG：The Measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977; 33 (1) : 159-174.
16) 島田裕之，古名丈人・他：高齢者を対象とした地域保健活動におけるTimed Up & Go Testの有用性．理学療法学．2006; 33 (3) : 105-111.
17) Ng SS, Hui-Chan CW：The Timed Up & Go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke．Arch Phys Med Rehabil. 2005; 86 (8) : 1641-1647.
18) 稲富渉，八谷瑞紀・他：地域在住高齢者におけるTimed Up & Go testに影響を与える環境因子と誤差．理学療法さが．2017; 3 (1) : 17-22.
19) 大田尾浩，八谷瑞紀・他：要介護高齢者を対象とした歩行評価の測定誤差．理学療法さが．2015; 1 (1) : 3-8.
20) E Yuksel, S Kalkan, et al.: Assessing minimal detectable changes and test-retest reliability of the Timed Up and Go Test and the 2-Minute Walk Test in patients with total knee arthroplasty. J Arthroplasty. 2017; 32 (2) : 426-430.