

Aus der Klinik für Unfallchirurgie  
Zentrum Chirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover

---

**Vergleich der Greifkraftmessung mit dem Martin-Vigorimeter und dem  
JAMAR-Dynamometer beim Gesunden**

**Dissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
in der Medizinischen Hochschule Hannover

vorgelegt von

**Sina Neumann**

aus Göttingen

Hannover 2017

Angenommen vom Senat der Medizinischen Hochschule Hannover am 29.05.2018

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Hochschule Hannover

Präsident: Prof. Dr. med. Christopher Baum

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. med. Ralph Gaulke

1. Referent: Prof. Dr. med. Philipp Drees

2. Referent: Prof. Dr. med. Wolfgang Rüther

Tag der mündlichen Prüfung: 29.05.2018

Prüfungsausschuss

Vorsitz: Prof. Dr. med. Henning Windhagen

1. Prüfer: Prof. Dr. med. Claus Petersen

2. Prüfer: Prof. Dr. med. Michael Winkler

# Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Originalarbeit</b>	<b>4</b>
<b>II.</b>	<b>Letter of Acceptance</b>	<b>12</b>
<b>III.</b>	<b>Dissertation</b>	<b>13</b>
	<b>1. Einleitung</b>	<b>13</b>
	<b>2. Material und Methoden</b>	<b>15</b>
	<b>3. Ergebnisse</b>	<b>17</b>
	<b>4. Diskussion</b>	<b>19</b>
<b>IV.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>24</b>
<b>V.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>VI.</b>	<b>Curriculum Vitae</b>	<b>27</b>
<b>VII.</b>	<b>Erklärung nach § 2 Abs. 2 Nr. 6 und 7 Promotionsordnung</b>	<b>30</b>
<b>VIII.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>31</b>

# I. Originalarbeit

**in vivo** 31: 917-924 (2017)  
doi:10.21873/invivo.11147

## Comparison of the Grip Strength Using the Martin-Vigorimeter and the JAMAR-Dynamometer: Establishment of Normal Values

SINA NEUMANN<sup>1,2,3</sup>, SEBASTIAN KWISDA<sup>4</sup>, CHRISTIAN KRETTEK<sup>2</sup> and RALPH GAULKE<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Section Upper Extremity, Foot- and Rheuma Surgery, Department for Traumatology, Medical School Hannover (MHH), Hannover, Germany;

<sup>2</sup>Department of Traumatology, Medical School Hannover (MHH), Hannover, Germany;

<sup>3</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery,

University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany;

<sup>4</sup>Department for Orthopaedic Surgery, Schulthess Clinic, Zurich, Switzerland

**Abstract.** *Background/Aim: The JAMAR-Dynamometer and the Martin-Vigorimeter are frequently used tools in a hand surgeon's daily routine. This survey is primarily concerned with the establishment of valid conversion factors for measured values of both instruments, as well as the investigation of influence of anatomical characteristics and age and sex on maximal measured grip strength. Patients and Methods: We registered anamnestic data and specific anatomical conditions in 339 patients, maximal grip strength was measured using all notches of both instruments. Results: We found moderate to very high correlation comparing all 28 settings in both instruments. The influence of the hand's anatomy on the grip strength was greater using the JAMAR-Dynamometer than it was using the Martin-Vigorimeter. Conclusion: The high reproducibility allowed us to calculate multiplying factors for the conversion of measured data for all settings of both tools. Therefore, the amount of data for meta-analyses relating to hand surgical issues can be significantly increased.*

Grip strength measurements are routinely used in clinical settings. They are an indicator for the efficacy of hand surgical therapies and serve as outcome control (1-4). The most commonly used instruments for measuring grip

strength are the JAMAR-Dynamometer and the Martin-Vigorimeter. The former is a hydraulic instrument measuring the isometric strength in kilograms, the latter measures the force of compression in kilo pascal by means of a compressible rubber ball (5, 6). Numerous studies have investigated the reliability of both instruments in different populations (2, 4, 7-11). However, to the best of our knowledge, only a few studies directly compare these two instruments. Sipers *et al.* compared the applicability and the test-retest reliability of both instruments in geriatric patients and found no significant difference in test-retest reliability. Handgrip strength showed a strong correlation between the first and second measurement in both instruments (1). Molenaar *et al.* examined reliability and accuracy of both instruments in 104 children under 12. Their results indicate that both instruments are reliable for measuring grip strength within this population. The Lode dynamometer (equivalent to JAMAR-Dynamometer) detected small differences in grip strength more accurately (12). Desrosiers *et al.* analyzed a population of 360 randomly selected healthy, elderly patients and while they found a good correlation between the respective results of both instruments, they did not determine a conversion factor (13).

To recap, most scientific studies have only used one of the two methods. Moreover, measuring has mostly been limited to one level or one size of balloon, respectively (4, 14-16). Using just one level per instrument to determine grip strength impairs optimal comparability of the results given that a couple of studies have found a correlation between morphological parameters of the hand and lower arm and maximum grip strength, depending on the level of the instrument or the size of the balloon used (17-19). Until recently, it has been impossible to compare results of studies that use just one of the two instruments in any setting with results of studies using the other. Therefore, the primary aim

This article is freely accessible online.

*Correspondence to:* Dr. Ralph Gaulke, Department for Traumatology, Medical School Hannover (MHH), Carl-Neuberg-Straße 1, 30625 Hannover, Germany. Tel: +49 5115322026, e-mail: gaulke.ralph@mh-hannover.de

**Key Words:** JAMAR, Martin, grip strength, comparison, conversion factor.

of this study was to determine conversion factors for the values of both instruments for all levels or sizes and to enable the comparison of the results of numerous studies, and thereby enlarging the amount of data available for meta-analyses within the field of hand surgery. We also aimed to show anatomical influences on the results in order to make informed recommendations about which settings to use on which instrument regarding specific hand sizes, and to determine the influence of age and sex on the results.

## Patients and Methods

This survey was authorised by the local ethics committee (Nr. 1498-2012). Each patient in our study group signed a written consent form.

**Patients.** We randomly included all patients between the ages of 14-90 years with healthy and symptom free hands, who were treated in the Department of Traumatology over a period of three months. We excluded patients with injuries, deformities, degenerative or inflammatory functional limitations of the upper extremities as well as patients with dementia to minimise any bias that could influence correlation. Since the study design contained many subgroup analyses and focused on a correlation between the two machines, we desisted from conducting a power analysis and chose a sample size following the study of Desrosiers *et al.* (13).

**Grip strength analysis.** We registered anamnestic data that could influence our measurements such as: age, sex, handedness and current occupation. Patients were divided into five different age categories (<20/20-40/41-60/61-80/>80 years). Specific anatomical conditions were measured in all patients: circumference of the forearm 15 cm distal of the radial epicondyle, length of the palm (from the palmar fold of the wrist to the fold of the metacarpophalangeal joint of the middle finger), length of the hand (from the palmar fold of the wrist to the tip of the middle finger), the hand's circumference without the thumb and the width of the palm (from the ulnar margin of the metacarpophalangeal joint of the thumb to the ulnar border of the palm). The measurements of the grip strength were determined by means of the JAMAR-Dynamometer (J A Preston Corporation, New York, USA) using all five notches and by means of the Martin-Balloon-Vigorimeter (Firma Gebrüder Martin, Tuttlingen, Germany) using all three ball sizes (Figure 1). All of the instruments were checked for damages, inspected for proper function and calibrated. Each patient was shown the correct handling and positioning of the instruments: Patients were asked to sit straight, with the upper arm in a neutral position and a 90° flexion of the elbow. The forearm was held in neutral position and the wrist at a 0 to 30° extension. The instrument was held freely: neither the hand nor the forearm was allowed to rest on a surface. To minimise signs of fatigue we included resting periods after each trial. Additionally, to avoid systematic errors we randomised the sequence in which we carried out the trials. Sequence one: JAMAR notch 1 – Martin balloon 2 – JAMAR notch 2 – Martin balloon 3 – JAMAR notch 3 – Martin balloon 5 – JAMAR notch 4 – JAMAR notch 5. Sequence two: Martin balloon 2 – JAMAR notch 1 – Martin balloon 3 – JAMAR notch 2 – JAMAR notch 3 – Martin balloon 5 – JAMAR notch 4 – JAMAR notch 5. Afterwards, we randomised the side to be tested first. All measurements were repeated three times on each side.

**Statistical analysis.** The data were processed with Excel 2011 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) and GraphPad Prism 6.0 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, USA). We calculated the median values and the interquartile range (25th – 75th percentile) as data proved to be non-parametric. We calculated the conversion factors by forming the quotients of the measured values for all notches and determined mean values and standard deviations. The influence of anatomical characteristics on the grip strength was determined using a Spearman rank correlation to minimise the effect of outlying data and non-parametric distribution. The level of significance was placed at  $p < 0.05$ . The interpretation of the correlation coefficient followed Mukaka (20), who distinguished low ( $r < 0.5$ ), moderate ( $r < 0.7$ ), high ( $r < 0.9$ ) and very high ( $r > 0.9$ ) correlation.

## Results

**Subject characteristics.** Three hundred and thirty-nine patients (132 women/207 men) aged between 14-88 years (mean  $49 \pm 18.4$  years) were included. Our study group primarily comprised age groups 41-60 years ( $n=129$ ), 61-80 years ( $n=103$ ) and 20-40 years ( $n=85$ ). 91.45% of all patients were right-handed, 6.19% were left-handed and 2.36% had no dominant hand (Table I).

**Grip strength results.** The median maximum grip strength in men was 79% greater than in women using the JAMAR-Dynamometer, and it was 38% greater using the Martin-Vigorimeter (19.7 kg women/35.3 kg men and 53.3 kPa women/73.3 kPa men). Overall, we found very high correlations between the measured grip strength of the dominant hand using notch 2 of the JAMAR-Dynamometer and balloon 5 of the Martin-Vigorimeter ( $r=0.86$ ), as well as between notch 3 of the JAMAR-Dynamometer and balloon 5 of the Martin-Vigorimeter ( $r=0.86$ ). Within the measurements of one instrument, we found a very high correlation between measured grip strength using notch 3 and 4 of the JAMAR-Dynamometers ( $r=0.97$ ), as well as between balloon size 3 and 5 of the Martin-Vigorimeter ( $r=0.92$ ) (Table II). We calculated multiplying factors for the correlation of all measured data for all settings on both instruments (Table III). With regards to the anatomical characteristics we found a moderate correlation between the maximum grip strength and the hand's circumference without the thumb of the dominant hand using the JAMAR-Dynamometer ( $r=0.64$ ). We also found a moderate correlation ( $r=0.65$ ) between the width of the palm and the circumference of the forearm to the maximal grip strength measured with the JAMAR-Dynamometer. Both, the length of the palm and the length of the dominant hand had a moderate correlation with the maximal grip strength using the JAMAR-Dynamometer ( $r=0.52$  and  $0.55$ , respectively). Using the Martin-Vigorimeter, the maximal grip strength showed only a low correlation to the anatomical characteristics ( $r < 0.5$ ). The highest correlation was found with the circumference of the forearm ( $r=0.49$ ) (Figure 2). At least 64% of patients reached the maximal grip strength when

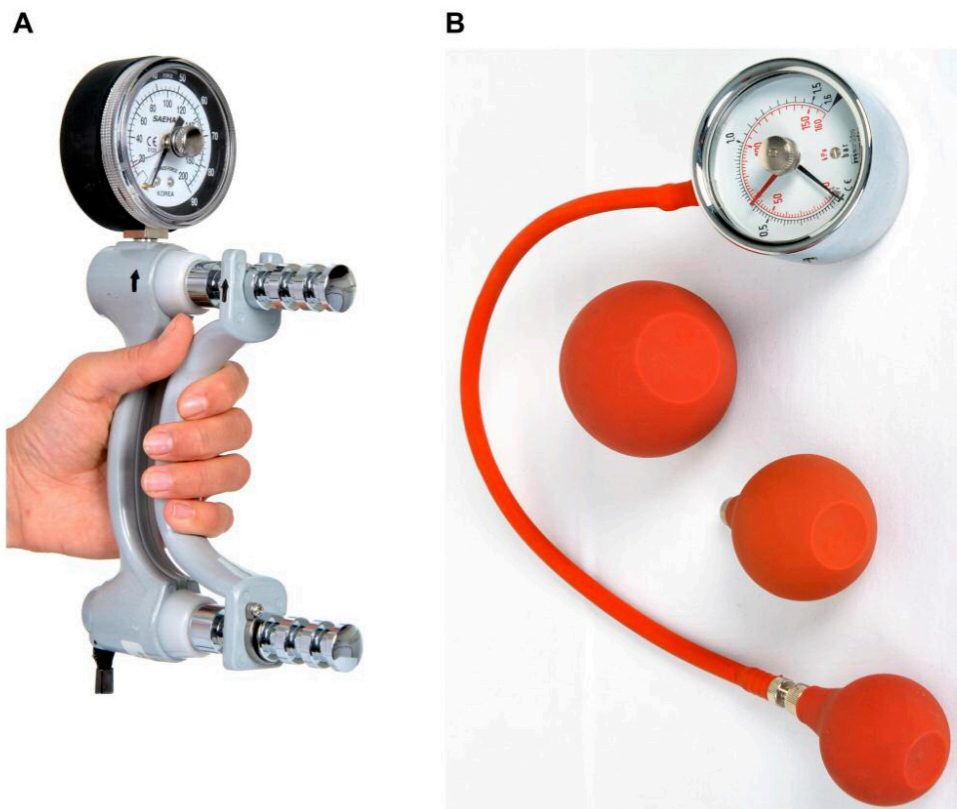


Figure 1. A. The JAMAR-Dynamometer is a hydraulic instrument measuring the isometric strength in kilogram. B. The Martin-Vigorimeter measures the force of compression in kilo pascal by means of a compressible rubber ball.

using notch 2 of the JAMAR-Dynamometer irrespective of the sex. At notch 3 of the JAMAR-Dynamometer, 31% of male and 16% of female patients achieved the highest results. Using the Martin-Vigorimeter, the highest results were achieved with balloon size 3 notwithstanding the sex (Figure 3). Overall, the age group 20-40 years showed the highest measured results for the grip strength regardless of the notch/balloon size (Figure 3).

### Discussion

In this study, we examined 339 randomly selected patients with healthy hands to determine the correlations between all notches

and balloon sizes for the Martin-Vigorimeter and the JAMAR-Dynamometer. All 28 comparisons of the notches and balloon sizes showed moderate to very strong correlations. Within the instrument groups, the strongest correlations were found between the measured results of the JAMAR-Dynamometer notch 3 and notch 4 and Martin-Vigorimeter balloon size 3 and 5. Matching the results of both groups, the highest correlations were found between notches 2 and 3 of the JAMAR-Dynamometer and balloon size 5 of the Martin-Vigorimeter. The lowest correlation was found between notch 5 of the JAMAR-Dynamometer and balloon size 2 of the Martin-Vigorimeter. These results can be explained by the large distance of approximately 90 mm between the handles of the

Table I. Demographic characteristics, Handedness and profession in all study participants.

Demographics	Female (n=132)	Male (n=207)	p-Value	Whole collective
Age (years)	48.8±17.5*	49.1±19.0*	p>0.05	49±18.4
Gender [n (%)]	132 (39%)	207 (61%)	p>0.05	339 (100%)
Handedness				
Right-handed [n (%)]	125 (95%)	185 (89%)	p>0.05	310 (91,45%)
Left-handed [n (%)]	4 (3%)	17 (8%)	p>0.05	21 (6,19%)
Ambidextrous [n (%)]	3 (2%)	5 (2%)	p>0.05	8 (2,36%)
Profession				
Not specified [n (%)]	25 (19%)	39 (19%)	p>0.05	64 (19%)
Easy manual work [n (%)]	90 (68%)	118 (57%)	0.039**	208 (61%)
Moderate manual work [n (%)]	14 (11%)	14 (7%)	p>0.05	28 (8%)
Hard manual work [n (%)]	4 (3%)	37 (18%)	p<0.001**	41 (12%)
Retired [n (%)]	43 (33%)	72 (35%)	p>0.05	115 (34%)

\*Data are expressed as mean±SD. \*\*Significant (p<0.05)

Table II. Correlation coefficients JAMAR-Martin.

	Martin 2	Martin 3	Martin 5	JAMAR 1
Martin 2	r=1	r=0.87 (0.84-0.90) p<0.001	r=0.80 (0.76-0.84) p<0.001	r=0.70 (0.64-0.75) p<0.001
Martin 3	r=0.87 (0.84-0.90) p<0.001	r=1	r=0.92 (0.90-0.93) p<0.001	r=0.74 (0.69-0.79) p<0.001
Martin 5	r=0.80 (0.76-0.84) p<0.001	r=0.92 (0.90-0.93) p<0.001	r=1	r=0.73 (0.68-0.78) p<0.001
JAMAR 1	r=0.70 (0.64-0.75) p<0.001	r=0.74 (0.69-0.79) p<0.001	r=0.73 (0.68-0.78) p<0.001	r=1
JAMAR 2	r=0.70 (0.63-0.75) p<0.001	r=0.79 (0.75-0.83) p<0.001	r=0.86 (0.83-0.89) p<0.001	r=0.86 (0.82-0.88) p<0.001
JAMAR 3	r=0.67 (0.60-0.72) p<0.001	r=0.78 (0.73-0.82) p<0.001	r=0.86 (0.82-0.88) p<0.001	r=0.81 (0.77-0.84) p<0.001
JAMAR 4	r=0.67 (0.60-0.72) p<0.001	r=0.77 (0.72-0.81) p<0.001	r=0.85 (0.81-0.87) p<0.001	r=0.81 (0.74-0.82) p<0.001
JAMAR 5	r=0.63 (0.56-0.69) p<0.001	r=0.73 (0.67-0.78) p<0.001	r=0.82 (0.78-0.85) p<0.001	r=0.78 (0.74-0.82) p<0.001
	JAMAR 2	JAMAR 3	JAMAR 4	JAMAR 5
Martin 2	r=0.70 (0.63-0.75) p<0.001	r=0.67 (0.60-0.72) p<0.001	r=0.67 (0.60-0.72) p<0.001	r=0.63 (0.56-0.69) p<0.001
Martin 3	r=0.79 (0.75-0.83) p<0.001	r=0.78 (0.73-0.82) p<0.001	r=0.77 (0.72-0.81) p<0.001	r=0.73 (0.67-0.78) p<0.001
Martin 5	r=0.86 (0.83-0.89) p<0.001	r=0.86 (0.83-0.89) p<0.001	r=0.85 (0.81-0.87) p<0.001	r=0.82 (0.78-0.85) p<0.001
JAMAR 1	r=0.86 (0.82-0.88) p<0.001	r=0.81 (0.77-0.84) p<0.001	r=0.81 (0.74-0.82) p<0.001	r=0.78 (0.74-0.82) p<0.001
JAMAR 2	r=1	r=0.97 (0.96-0.98) p<0.001	r=0.95 (0.94-0.96) p<0.001	r=0.92 (0.90-0.94) p<0.001
JAMAR 3	r=0.97 (0.96-0.98) p<0.001	r=1	r=0.97 (0.97-0.98) p<0.001	r=0.95 (0.94-0.96) p<0.001
JAMAR 4	r=0.95 (0.94-0.96) p<0.001	r=0.97 (0.97-0.98) p<0.001	r=1	r=0.97 (0.97-0.98) p<0.001
JAMAR 5	r=0.92 (0.90-0.94) p<0.001	r=0.95 (0.94-0.96) p<0.001	r=0.97 (0.97-0.98) p<0.001	r=1

Correlation coefficient is rated as low (r<0.5), moderate (r<0.7), high (r<0.9), and very high (r>0.9). Martin: Martin-Vigorimeter; JAMAR: JAMAR-Dynamometer.

JAMAR-Dynamometers at notch 5. We believe that patients with small hands were unable to fully clasp the instrument and therefore could not make use of their full strength while the small balloon of the Martin-Vigorimeter is easily compressed irrespective of hand sizes. These results correspond to the findings of Espana-Romero *et al.*, who showed a very strong correlation between the grip strength and the setting of the JAMAR-Dynamometer and patient hand size (21). Ruiz *et al.*

(22) also recommended determining the position of the notch of the JAMAR-Dynamometer according to a patient's hand size. Therefore, it must be assumed that the correlation coefficient of the individual positional settings of each instrument would be smaller if there was a high anatomical variance of the patients' hands sizes in the study group.

Regarding the weak correlations, the anatomical variance of our patients' study group allowed no prediction of the

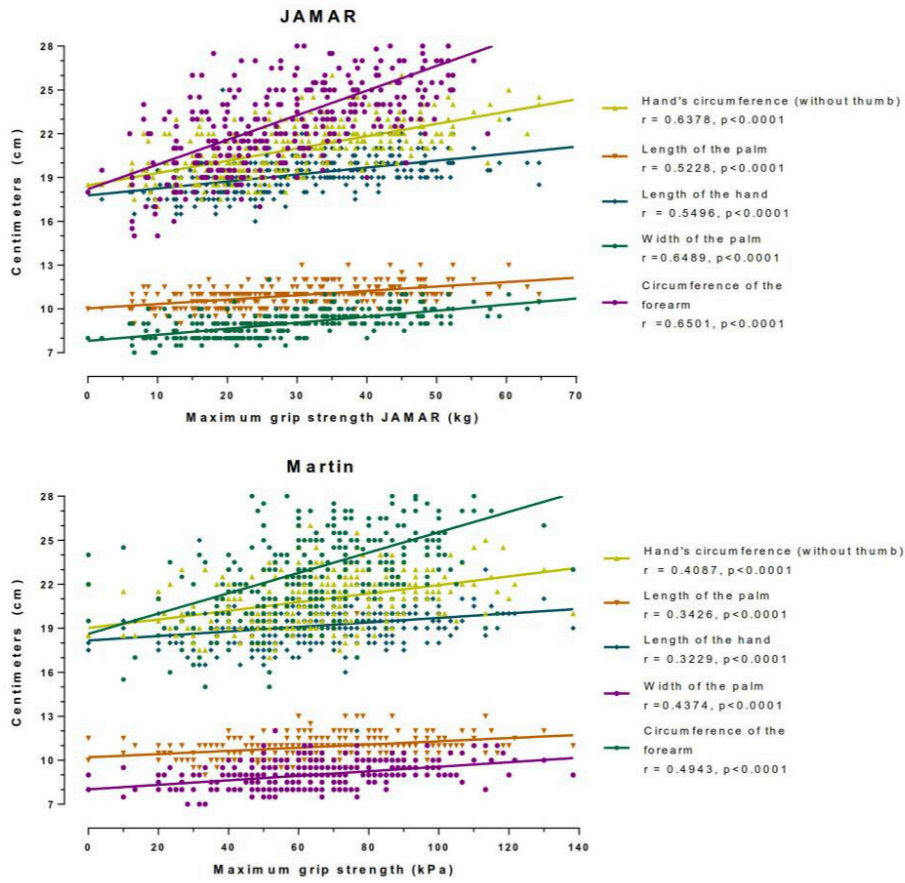


Figure 2. Graph shows the correlation between the influence of anatomical characteristics of the patient's forearm and hand with the maximum grip strength measured with the JAMAR-Dynamometer and the Martin-Vigorimeter.

Table III. Conversion table JAMAR-Martin.

Data/Result	Martin 2	Martin 3	Martin 5	JAMAR 1	JAMAR 2	JAMAR 3	JAMAR 4	JAMAR 5
Martin 2	1	1.15 (SD 0.2)	0.83 (SD 0.3)	5.59 (SD 5.8)	2.21 (SD 0.8)	2.39 (SD 1.0)	2.89 (SD 1.5)	4.25 (SD 4.6)
Martin 3	0.90 (SD 0.2)	1	0.73 (SD 0.2)	6.30 (SD 7.7)	2.43 (SD 0.8)	2.62 (SD 0.9)	3.17 (SD 1.5)	4.78 (SD 5.6)
Martin 5	1.34 (SD 0.5)	1.47 (SD 0.4)	1	4.42 (SD 5.6)	1.68 (SD 0.5)	1.8 (SD 0.5)	2.13 (SD 0.7)	2.93 (SD 1.5)
JAMAR 1	0.26 (SD 0.1)	0.23 (SD 0.1)	0.32 (SD 0.1)	1	0.51 (SD 0.2)	0.55 (SD 0.2)	0.64 (SD 0.3)	0.86 (SD 0.4)
JAMAR 2	0.52 (SD 0.2)	0.46 (SD 0.2)	0.65 (SD 0.2)	2.59 (SD 2.5)	1	1.09 (SD 0.2)	1.29 (SD 0.3)	1.86 (SD 1.5)
JAMAR 3	0.49 (SD 0.2)	0.43 (SD 0.3)	0.61 (SD 0.2)	2.48 (SD 2.7)	0.94 (SD 0.1)	1	1.19 (SD 0.2)	1.71 (SD 1.3)
JAMAR 4	0.42 (SD 0.2)	0.37 (SD 0.2)	0.52 (SD 0.2)	2.08 (SD 2.1)	0.81 (SD 0.2)	0.86 (SD 0.2)	1	1.39 (SD 0.7)
JAMAR 5	0.33 (SD 0.2)	0.29 (SD 0.2)	0.40 (SD 0.2)	1.63 (SD 1.8)	0.63 (SD 0.2)	0.67 (SD 0.2)	0.77 (SD 0.2)	1

Data are given as conversion factors  $\pm$ SD for all values and all notches. Martin: Martin-Vigorimeter; JAMAR: JAMAR-Dynamometer.

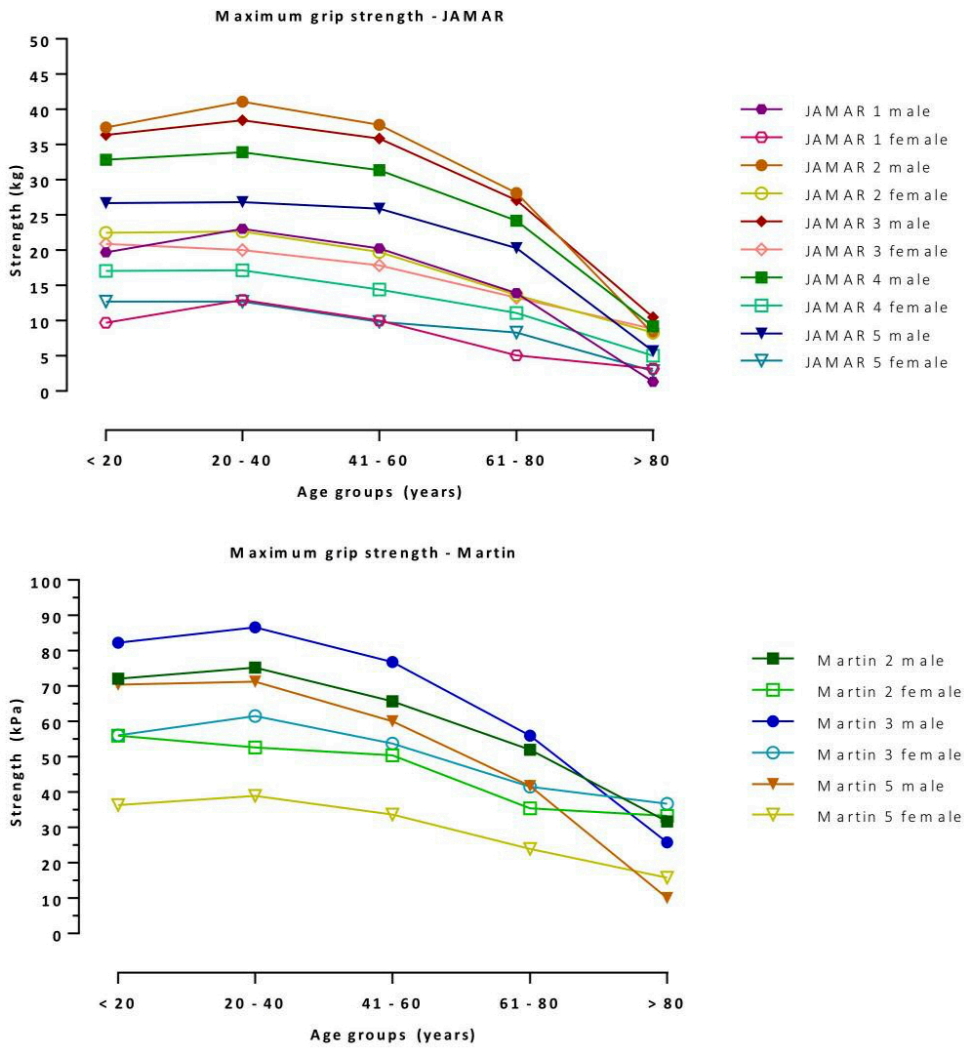


Figure 3. Graph shows the correlation between the influence of the patient's age and sex with the maximum grip strength measured with the JAMAR-Dynamometer and the Martin-Vigorimeter.

maximal grip strength using the Martin-Vigorimeter. The results of Desrosiers *et al.* (13) and Li *et al.* (17) confirm our observation that the correlation between maximal grip strength and anatomical parameters is lower when using the

Martin-Vigorimeter than when using the JAMAR-Dynamometer. In this study, the results of the maximal grip strength that were measured using the JAMAR-Dynamometer showed the highest correlation with the width

of the palm and the circumference of the forearm on the dominant side. At this point, our results are consistent with the current literature (13, 19, 23, 24). However, regarding the length of the hand, the literature presents inconsistent results. Our results show moderate correlation between grip strength and length of the hand and correspond to Li *et al.* (17). In contrast to these findings, the results of Boadella *et al.* (25) and Trampisch *et al.* (26) displayed either no correlation or merely a positive trend between grip strength and length of the hands/fingers and width of the hand and recommended standardised instrument settings. Ruiz-Ruiz *et al.* (27) found a correlation between hand size and strength in the female study group, but not in the male one. The inconsistent and partly contradictory results of the literature and our findings suggest that the influence of the anatomic variables on the grip strength is not significant and that anatomical factors will only influence the results when patients with small hands use settings with a large distance between the handles. We therefore concluded that anatomical factors alone should not determine the instrument's setting. Our results showed the highest grip strength for the JAMAR-Dynamometer on notch 2 and 3 and balloon size 3 for the Martin-Vigorimeter. These findings, as well as the strong correlation between the instruments indicate that measurements should be carried out on notch 2 and 3 with the JAMAR-Dynamometer and on balloon size 3 on the Martin-Vigorimeter. Settings for patients with either very large or very small hands should be adapted accordingly.

Similar to our findings of maximum grip strength for female and male patients in the age group of 20-40 years, Mathiowetz *et al.* (15) observed a peak of grip strength between the ages of 25 and 39 years, which slowly decreased thereafter. In the present study, the lowest strength was found in the group of patients >80 years, regardless of the sex of a patient. Tyler *et al.* (28) noticed that patients with weak hands had problems or were unable to use the JAMAR-Dynamometer properly. Our study supports these findings since much older patients had difficulties handling this instrument due to its rigidity and weight. This could indicate that false low results could occur in older or sicker patients and that the correlation with the results of the Martin-Vigorimeter, which is easier to handle, decreases as a result.

Limitations to our study include the following: The evaluated instruments are primarily used on patients that have been deliberately excluded from this trial. We tried to minimize any measurement errors concerning the conversion factors by eliminating unpredictable results in an unhealthy population. The majority of the comparisons conducted in our study are already available in the current literature but, to our knowledge, this is the first study that correlates the two instruments in all available settings and determines conversion factors for the results of the JAMAR-Dynamometer and the Martin-Vigorimeter. The conversion

factors will allow us to compare studies with similar populations that use either one instrument in any setting and therefore add more data for eventual meta-analyses for hand surgical questions.

#### Acknowledgements

The Authors would like to express their deepest gratitude to Koko Kwisda, Jasjote Grewal and Courtney Metz for their revision and translation of the manuscript. The Authors also wish to thank Jan Beneke for his assistance in the statistical analysis.

#### References

- 1 Sipers WM, Verdijk LB, Sipers SJ, Schols JM and van Loon LJ: The martin vigorimeter represents a reliable and more practical tool than the jamar dynamometer to assess handgrip strength in the geriatric patient. *J Am Med Dir Assoc* 17(5): 466e461-467, 2016.
- 2 Bohannon RW and Schaubert KL: Test-retest reliability of grip-strength measures obtained over a 12-week interval from community-dwelling elders. *J Hand Ther* 18(4): 426-428, 2005.
- 3 Incel NA, Ceceli E, Durukan PB, Erdem HR and Yorgancioglu ZR: Grip strength: Effect of hand dominance. *Singapore Med J* 43(5): 234-237, 2002.
- 4 Bellace JV, Healy D, Besser MP, Byron T and Hohman L: Validity of the dexter evaluation system's jamar dynamometer attachment for assessment of hand grip strength in a normal population. *J Hand Ther* 13(1): 46-51, 2000.
- 5 Funfgeld EW: The vigorimeter: For measurement of the strength of the hand and simulation testing. *Dtsch Med Wochenschr* 91(49): 2214-2216, 1966.
- 6 Link L, Lukens S and Bush MA: Spherical grip strength in children 3 to 6 years of age. *Am J Occup Ther* 49(4): 318-326, 1995.
- 7 Mathiowetz V: Comparison of rolyan and jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int* 9(3): 201-209, 2002.
- 8 Mathiowetz V, Weber K, Volland G and Kashman N: Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am* 9(2): 222-226, 1984.
- 9 Clerke AM, Clerke JP and Adams RD: Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers. *J Hand Ther* 18(1): 19-29, 2005.
- 10 Jones E, Hanly JG, Mooney R, Rand LL, Spurway PM, Eastwood BJ and Jones JV: Strength and function in the normal and rheumatoid hand. *J Rheumatol* 18(9): 1313-1318, 1991.
- 11 Solgaard S, Kristiansen B and Jensen JS: Evaluation of instruments for measuring grip strength. *Acta Orthop Scand* 55(5): 569-572, 1984.
- 12 Molenaar HM, Zuidam JM, Selles RW, Stam HJ and Hovius SE: Age-specific reliability of two grip-strength dynamometers when used by children. *J Bone Joint Surg Am* 90(5): 1053-1059, 2008.
- 13 Desrosiers J, Hebert R, Bravo G and Dutil E: Comparison of the jamar dynamometer and the martin vigorimeter for grip strength measurements in a healthy elderly population. *Scand J Rehabil Med* 27(3): 137-143, 1995.
- 14 Clifford MS, Hamer P, Phillips M, Wood FM and Edgar DW: Grip strength dynamometry: Reliability and validity for adults with upper limb burns. *Burns* 39(7): 1430-1436, 2013.

- 15 Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M and Rogers S: Grip and pinch strength: Normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil* 66(2): 69-74, 1985.
- 16 Mathiowetz V, Wiemer DM and Federman SM: Grip and pinch strength: Norms for 6- to 19-year-olds. *Am J Occup Ther* 40(10): 705-711, 1986.
- 17 Li K, Hewson DJ, Duchene J and Hogrel JY: Predicting maximal grip strength using hand circumference. *Man Ther* 15(6): 579-585, 2010.
- 18 Nicolay CW and Walker AL: Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *Int J Ind Ergonom* 35(7): 605-618, 2005.
- 19 Anakwe RE, Huntley JS and McEachan JE: Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *J Hand Surg Eur Vol* 32(2): 203-209, 2007.
- 20 Mukaka MM: Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J* 24(3): 69-71, 2012.
- 21 Espana-Romero V, Artero EG, Santaliestra-Pasias AM, Gutierrez A, Castillo MJ and Ruiz JR: Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *J Hand Surg Am* 33(3): 378-384, 2008.
- 22 Ruiz JR, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Castillo MJ and Gutierrez A: Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers. *J Hand Surg Am* 31(8): 1367-1372, 2006.
- 23 Fraser A, Vallow J, Preston A and Cooper RG: Predicting 'normal' grip strength for rheumatoid arthritis patients. *Rheumatology (Oxford)* 38(6): 521-528, 1999.
- 24 Hemberal M, Doreswamy V and Rajkumar S: Study of correlation between hand circumference and maximum grip strength (mgs). *Natl J Physiol Pharm Pharmacol* 4(3): 195-197, 2014.
- 25 Boadella JM, Kuijter PP, Sluiter JK and Frings-Dresen MH: Effect of self-selected handgrip position on maximal handgrip strength. *Arch Phys Med Rehabil* 86(2): 328-331, 2005.
- 26 Trampisch US, Franke J, Jedamzik N, Hinrichs T and Platen P: Optimal jamar dynamometer handle position to assess maximal isometric hand grip strength in epidemiological studies. *J Hand Surg Am* 37(11): 2368-2373, 2012.
- 27 Ruiz-Ruiz J, Mesa JLM, Gutiérrez A and Castillo MJ: Hand size influences optimal grip span in women but not in men. *J Hand Surg Am* 27(5): 897-901, 2002.
- 28 Tyler H, Adams J and Ellis B: What can handgrip strength tell the therapist about hand function? *J Hand Ther* 18(4): 457, 2005.

Received July 25, 2017

Revised August 9, 2017

Accepted August 10, 2017

## II. Letter of Acceptance

“Dear Dr. Sina Neumann:

I am pleased to inform you that your revised manuscript No. 3786-N entitled "Comparison of the grip strength using the Martin-Vigorimeter and the JAMAR-Dynamometer: Establishment of Normal Values" has been accepted for publication in In Vivo.

Your manuscript will be published in the next available issue of In Vivo. Once the manuscript's galley proofs are prepared, you will receive an e-mail notification from our online submission system.

Corrected proofs should be sent back by e-mail to [iiar@iiar-anticancer.org](mailto:iiar@iiar-anticancer.org).

I am grateful for entrusting your contribution of new knowledge to our journal and I thank you for your cooperation and support.

With my best wishes,

George J. Delinasios

Managing Editor

IIAR journals“

### **III. Dissertation**

#### **1. Einleitung**

Dysfunktionen der Hand und des Unterarmes beeinträchtigen die Lebensqualität der Betroffenen häufig stark. Bei der Verlaufskontrolle konservativer und chirurgischer Therapien zählt die Greifkraftmessung zu den Standardprozeduren und findet im klinischen Alltag des Handchirurgen eine breite Anwendung. Aufgrund der großen interindividuellen Variabilität wird diese im Seitenvergleich vorgenommen [9]. Sie bietet eine Möglichkeit der objektivierten Dokumentation des Heilungsverlaufs nach Verletzungen und Operationen [2, 4, 14, 27]. Die Abnahme der Greifkraft ist ein wichtiger Indikator für das Fortschreiten einer Krankheit, Rhind et al. beobachteten eine enge Korrelation zwischen der Greifkraft und dem Articular Index bei Patienten mit rheumatoider Arthritis [24]. Mit dem Ziel der Vereinheitlichung der Greifkraftmessung wurden 1981 erstmalig von der American Society of Hand Therapists (ASHT) die Clinical Assesment Recommendations herausgegeben [10]. Es handelt sich hierbei um Empfehlungen von Techniken für die Bewertung von Handdysfunktionen. Weitere Ausgaben folgten 1991 und 2013. Die am weitesten verbreiteten Instrumente zur Greifkraftmessung sind das JAMAR-Dynamometer und das Martin-Vigorimeter. Das im Aufbau starre JAMAR-Dynamometer bietet als hydraulisches Instrument die Möglichkeit über fünf verschiedene Hantelpositionen die zu umfangreiche Spannweite zu adaptieren und misst die isometrische Muskelkraft. Der Messwert wird in der Maßeinheit Kilogramm auf einer Messuhr am oberen Ende des Gerätes angezeigt [29]. Das Martin-Vigorimeter verfügt über drei austauschbare, in der Größe unterschiedliche Gummibälle, die über einen flexiblen Schlauch mit einem Druckmessgerät verbunden sind. Der Messwert spiegelt den erzeugten Kompressionsdruck wieder und wird dem Untersucher in Kilopascal angezeigt [12]. Viele Studien haben die Reliabilität der beiden Instrumente in unterschiedlichen Populationen untersucht [2, 4, 5, 15, 17, 19, 28]. Nach unserer Kenntnis

liegen bisher nur wenige, direkt vergleichende Studien beider Messgeräte vor. In einer Studie von Sipers et al. wurden die Anwendbarkeit und die Retest-Reliabilität des JAMAR-Dynamometers und des Martin-Vigorimeters bei 96 geriatrischen Patienten untersucht. Signifikante Unterschiede in der Retest-Reliabilität fanden sich nicht. Weiter zeigte sich eine starke Korrelation zwischen der ersten und der zweiten Greifkraftmessung beider Geräte [27]. Eine Studie von Molenaar et al. befasste sich ebenfalls mit der Retest-Reliabilität bei 104 Kindern unter 12 Jahren, man verwendete das Lode Dynamometer als Äquivalent zum JAMAR-Dynamometer und das Martin-Vigorimeter. Es wurde geschlussfolgert, dass zwar beide Geräte verlässliche Messungen liefern würden, das Lode Dynamometer jedoch genauer arbeite bei der Ermittlung kleiner Unterschiede der Greifkraft [21]. Desrosiers et al. untersuchten 360 ältere Patienten auf maximale Greifkraft und stellten eine gute Korrelation zwischen dem verwendeten JAMAR-Dynamometer und dem Martin-Vigorimeter fest. Das JAMAR-Dynamometer zeigte sich hier in einer stärkeren Abhängigkeit von handanatomischen Parametern [7].

Da bisher meist mit nur einem der beiden Geräte und nur mit einer Gerätestufe bzw. Ballongröße gemessen wurde, sind die Ergebnisse der Studien nicht miteinander vergleichbar [2, 6, 18, 20]. Die Messung der Greifkraft aller Patienten auf nur einer Stufe pro Gerät führt nicht zu optimalen Ergebnissen, da mehrere Studien einen Zusammenhang zwischen morphologischen Parametern der Hand und des Unterarmes und der maximalen Greifkraft in Abhängigkeit von der Gerätestufe bzw. von der Ballongröße zeigten [1, 16, 23]. Das primäre Ziel dieser Studie war es, durch einen direkten Vergleich des JAMAR-Dynamometers und des Martin-Vigorimeters Umrechnungsfaktoren für die Messwerte aller Stufen beider Geräte zu ermitteln. Anhand von Umrechnungsfaktoren soll es in Zukunft möglich sein, die Ergebnisse vieler bisheriger Studien vergleichbar zu machen und so die Datenmenge für Metaanalysen im handchirurgischen Fachgebiet zu erhöhen. Weiter wurden anatomische Einflüsse der Hand

und des Unterarmes auf die Messgrößen untersucht um Empfehlungen für die Geräteeinstellungen bei gegebener Handgröße zu erarbeiten. Auch der Einfluss von Alter und Geschlecht auf die Messwerte sollte ermittelt werden.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Patienten**

Diese Studie wurde von der Ethik-Kommission der Medizinischen Hochschule Hannover (Nr. 1498-2012) genehmigt. Das Studienprotokoll sah viele Subgruppenanalysen vor, gleichzeitig war das primäre Studienziel das Aufzeigen einer guten Korrelation der beiden Geräte für weitere Berechnungen, aus diesem Grunde wurde auf eine Poweranalyse verzichtet. Die Zahl der einzuschließenden Patienten richtete sich nach der Studie von Desrosiers et al. [7]. Eine schriftliche Einwilligung aller Patienten zur freiwilligen Teilnahme lag vor. Eingeschlossen wurden alle Patienten im Alter von 14-90 Jahren mit gesunden und beschwerdefreien Händen, welche sich über einen Zeitraum von drei Monaten in unserer Unfallchirurgischen Universitätsklinik in stationärer Behandlung befanden. Um Fehlmessungen, die die Gerätekorrelationen beeinflussen könnten zu vermeiden, wurden Patienten mit Verletzungen, Fehlbildungen oder degenerativen und entzündlichen Funktionseinschränkungen der oberen Extremitäten sowie demente Patienten ausgeschlossen.

### **2.2. Greifkraftanalyse**

Anamnestisch wurden über einen vom Patienten auszufüllenden Fragebogen folgende Parameter, welche das Messergebnis beeinflussen könnten, erfasst: Alter, Geschlecht, Händigkeit und derzeitige berufliche Tätigkeit. Die Patienten wurden in fünf Altersgruppen (<20 / 20-40 / 41-60 / 61-80 / >80 Jahre) eingeteilt. Es wurden folgende anatomische Werte gemessen: Der Unterarmumfang 15 cm distal des Epicondylus humeri radialis, die Länge der Handfläche (von der Handgelenkbeugefalte bis zur Mittelfingergrundgliedbeugefalte), die

Handlänge (von der Handgelenkbeugefalte bis zur Mittelfingerkuppe), der Handumfang ohne Daumen und die Breite des Handtellers (beginnend am ulnaren Rand der Daumengrundgelenkbeugefalte bis zur ulnaren Handkante). Die Messungen der maximalen Greifkraft wurden mit dem JAMAR-Dynamometer (J A Preston Corporation, New York, USA) auf allen fünf Gerätestufen und mit dem Martin-Vigorimeter (Firma Gebrüder Martin, Tuttlingen, Deutschland) mit allen drei Ballongrößen vorgenommen (Abbildung 1). Die Geräte wurden auf Beschädigungen untersucht und kalibriert. Um die Untersuchung der Greifkraft für alle Patienten zu vereinheitlichen und bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, wurde nach den Clinical Assessment Recommendations der American Society of Hand Therapists (ASHT) verfahren: Der Patient wurde in den Gebrauch der Geräte eingewiesen. Gemessen wurde am aufrecht sitzenden Patienten mit seitlich am Rumpf neutral rotiert anliegendem Oberarm. Der Ellenbogen wurde in 90° Beugung gehalten. Der Unterarm wurde in neutraler Rotation gehalten und das Handgelenk wies eine leichte Extension von 0 bis 30° auf. Das Instrument wurde frei gehalten, Hand und Unterarm also nicht aufgestützt. Zur Minimierung von Ermüdungseffekten wurden Erholungspausen eingehalten. Um systematische Fehler auszuschließen wurde die Reihenfolge der Messungen für zwei verschiedene Messreihen randomisiert:

Reihenfolge 1:

JAMAR Stufe 1 – Martin Ballon 2 – JAMAR Stufe 2 – Martin Ballon 3 – JAMAR Stufe 3 – Martin Ballon 5 - JAMAR Stufe 4 – JAMAR Stufe 5.

Reihenfolge 2:

Martin Ballon 2 – JAMAR Stufe 1 – Martin Ballon 3 – JAMAR Stufe 2 – JAMAR Stufe 3 – Martin Ballon 5 – JAMAR Stufe 4 – JAMAR Stufe 5.

Danach erfolgte die Randomisierung derjenigen Seite, mit der die Messungen begonnen wurden. Alle Messungen wurden pro Seite dreimal durchgeführt und die Ergebnisse dokumentiert.

### **2.3. Statistische Analyse**

Die Speicherung und Auswertung der Daten erfolgte mit Excel 2011 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) und GraphPad Prism 6.0 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, USA). Es wurden die Mittelwerte und 25-75er Quantilen ermittelt, da sich der Datensatz als nicht normalverteilt erwies. Es wurden die Quotienten aus den gemessenen Werten aller Stufen gebildet und Mittelwerte samt Standardabweichung bestimmt um die Umrechnungsfaktoren zu ermitteln. Der Einfluss von anatomischen Parametern auf die maximale Greifkraft wurde über eine Spearman-Korrelation bestimmt um den Einfluss von Ausreißern bei den Messungen und einer Nicht-Normalverteilung zu reduzieren. Die Interpretation lehnt sich an eine Arbeit von Mukaka an [22], in der Korrelationen wie folgt eingestuft wurden: Niedrig ( $r < 0,5$ ), moderat ( $r < 0,7$ ), hoch ( $r < 0,9$ ) und sehr hoch ( $r > 0,9$ ). Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgesetzt.

## **3. Ergebnisse**

### **3.1. Demografie**

Insgesamt konnten 339 Patienten in die Studie eingeschlossen werden, davon 132 Frauen und 207 Männer im Alter von 14-88 ( $\bar{x} 49 \pm 18,4$ ) Jahren. Die meisten Patienten fanden sich in den Altersklassen 41-60 Jahre ( $n = 129$ ), 61–80 Jahre ( $n = 103$ ) und 20–40 Jahre ( $n = 85$ ). 91,45 % der Patienten waren Rechtshänder, 6,19 % waren Linkshänder und 2,36 % gaben an, beidhändig zu sein (Tabelle I).

### 3.2. Greifkrafteergebnisse

Der Unterschied der maximalen Greifkraft zwischen Frauen und Männern war mit dem JAMAR-Dynamometer gemessen größer als bei der Messung mit dem Ballonvigorimeter ( $\emptyset$  19,2 kg ♀/  $\emptyset$  35,3 kg ♂ bzw.  $\emptyset$  53,3 kPa ♀/  $\emptyset$  73,3 kPa ♂). Die Wahl der Stufe beim JAMAR-Dynamometer bzw. des Ballons beim Martin-Vigorimeter hat einen signifikanten Einfluss auf die Messwerte ( $p < 0,05$ ). Geräteübergreifend fand sich eine sehr starke Korrelation zwischen den Messwerten der Stufe 2 des JAMAR-Dynamometers und denen des Ballons der Größe 5 des Martin-Vigorimeters ( $r = 0,86$ ) sowie zwischen den Messwerten der Stufe 3 des JAMAR-Dynamometers und denen des Ballons der Größe 5 des Martin-Vigorimeters ( $r = 0,86$ ). Innerhalb der Geräte konnte die stärkste Korrelation zwischen den Ergebnissen der Messungen der Stufen 3 und 4 des JAMAR-Dynamometers beobachtet werden ( $r = 0,97$ ) sowie zwischen Martin Ballon 3 und 5 ( $r = 0,92$ ), die vollständigen Werte sind in Tabelle 2 aufgelistet. Auf Basis der Gerätekorrelationen wurden Umrechnungsfaktoren für die Messwerte aller Einstellungen beider Geräte ermittelt (Tabelle III). Hinsichtlich der anatomischen Parameter ergab sich eine moderate Korrelation zwischen dem Handumfang ohne Daumen der dominanten Hand und der maximalen Greifkraft gemessen mit dem JAMAR-Dynamometer ( $r = 0,64$ ). Auch die Breite des Handtellers sowie der Unterarmumfang stehen mit  $r = 0,65$  in mittelstarker Korrelation zu der maximalen Greifkraft. Zwischen der Länge der Handfläche bzw. der Handlänge der dominanten Hand und der maximalen Greifkraft zeigten sich im Bezug auf das JAMAR-Dynamometer schwache Korrelationen ( $r = 0,52$  bzw.  $0,55$ ). Die mit dem Martin-Vigorimeter gemessene maximale Greifkraft wies lediglich eine sehr schwache Korrelation zu den anatomischen Handparametern von  $r < 0,5$  auf, wobei der Unterarmumfang mit  $r = 0,49$  die höchste Korrelation erzielte (Abbildung 2). Unabhängig vom Geschlecht erzielten mindestens 64 % der Probanden die maximale Greifkraft bei Verwendung der Stufe 2 des JAMAR-

Dynamometers. Bei Stufe 3 erreichten 31 % der Männer die maximale Greifkraft, bei den Frauen war dieser Anteil mit 16 % nur halb so hoch. Bei Verwendung des Martin-Vigorimeters erzielten beide Geschlechter die höchsten Werte mit dem Ballon Größe 3 (Abbildung 3). Unabhängig von der Geräte- und Stufenwahl wurden bei beiden Geschlechtern, mit wenigen Ausnahmen, in der Altersgruppe 20-40 Jahre die höchsten durchschnittlichen Greifkraftwerte gemessen (Abbildung 3).

#### **4. Diskussion**

Über einen Studienzeitraum von drei Monaten wurden an der Klinik für Unfallchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover insgesamt 339 handgesunde, randomisiert ausgewählte Patienten auf maximale Handkraft untersucht. Zur Verwendung kamen dabei das JAMAR-Dynamometer und das Martin-Vigorimeter.

Es wurden zunächst die Messwerte aller Stufen und Ballongrößen beider Geräte in Korrelation zueinander gesetzt. Hieraus ergaben sich 28 Vergleiche, die eine mittlere bis sehr starke Korrelation aufwiesen. Innerhalb der Gerätegruppen fand sich die stärkste Korrelation zwischen den Messwerten des JAMAR-Dynamometers der Stufe 3 und denen der Stufe 4 sowie zwischen den Messwerten des Martin-Vigorimeters Ballongröße 3 und 5. Geräteübergreifend korrelierten am stärksten die Ergebnisse bei den Messungen mit den Stufen 2 und 3 des JAMAR-Dynamometers mit den Messergebnissen des Ballons Größe 5 des Martin-Vigorimeters. Die geringste Korrelation wurde zwischen der Stufe 5 des JAMAR-Dynamometers und dem Ballon Größe 2 des Martin-Vigorimeters festgestellt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass Patienten mit kleinen Händen nicht in der Lage waren, die zu umfangreiche Distanz von etwa 90 mm der größten JAMAR-Einstellung ausreichend zu fassen, um die volle Handkraft zu entfalten. Anders verhielt es sich beim Martin-Vigorimeter. Hier konnte beobachtet werden, dass alle Patienten, unabhängig von der Handgröße, in der

Lage waren, die Ballons gut zum umgreifen und zu komprimieren. Espana-Romero et al. beschrieben bereits eine Abhängigkeit der zu umgreifenden Distanz der Backen von der Handspanne [8]. Auch Ruiz et al. [25] gaben die Empfehlungen, die Stufe des JAMAR-Dynamometers in Abhängigkeit von der Handspanne einzustellen. Bei jeder Gerätestufe fanden sie, wie auch von uns in der aktuellen Studie untersucht, eine Abhängigkeit der gemessenen Greifkraft von der Handanatomie. Es ist also anzunehmen, dass der Korrelationskoeffizient bei weit auseinanderliegenden Stufen beider Geräte umso geringer wird, je größer die anatomische Varianz der Hände im Kollektiv ist.

Hinsichtlich des Einflusses der Anatomie der Hand und des Unterarmes auf die maximale Greifkraft konnten eindeutige Unterschiede bei der Gerätewahl festgestellt werden. Die Verwendung des Martin-Vigorimeters erlaubt keine Aussage über die maximale Greifkraft. Die Studienergebnisse von Desrosiers et al. [7] und Li et al. [16] bestätigen unsere Beobachtung, dass die Abhängigkeit der maximalen Greifkraft von anatomischen Parametern beim Martin-Vigorimeter geringer ist als beim JAMAR-Dynamometer. In der vorliegenden Studie zeigten die mit dem JAMAR-Dynamometer gemessenen Maximalwerte die stärkste Korrelation mit der Breite des Handtellers sowie dem Unterarmumfang der dominanten Hand, diese Ergebnisse stimmen mit der Literatur überein: Fraser et al. [11] beschrieben eine moderate Korrelation zwischen der mit dem Digital Grip/PinchAnalyser der Firma MIE Medical Research Ltd. gemessenen Greifkraft und dem Unterarmumfang. Anakwe et al. [1] fanden in einer Studie mit 250 Probanden lediglich bei Männern eine gute Korrelation zwischen dem Unterarmumfang und der maximalen Greifkraft. Allerdings war hier die Gruppe der Frauen nicht einmal halb so groß wie die der Männer. Wir fanden eine moderate Korrelation der Greifkraft mit dem Handumfang ohne Daumen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen von Desrosiers et al. [7]. Diese Arbeitsgruppe untersuchte 360 Patienten im Alter von 60-94 Jahren. Für die Messungen wurden das JAMAR-Dynamometer

und das Martin-Vigorimeter verwendet. Auch Hemberal et al. [13] kamen bei Messungen mit einem Handdynamometer der Firma ADInstruments bei 80 Probanden zu dem Ergebnis, dass der Handumfang ein guter Indikator für maximale Greifkraft sei. Bezugnehmend auf die Handlänge finden sich in der Literatur widersprüchliche Ergebnisse. Unsere Messungen ergaben eine moderate Korrelation zwischen der maximalen Greifkraft und der Handlänge. Li et al. [16] maßen die Greifkraft in einem Kollektiv von 100 Patienten mit drei Messgeräten (JAMAR-Dynamometer, Myogrip und Martin-Vigorimeter) und beschrieben ebenfalls mittelstarke Korrelationen zwischen der Greifkraft und der Handlänge sowie der Länge der Handfläche. Im Gegensatz dazu fanden Boadella et al. [3] in ihrem sehr kleinen Kollektiv von nur 56 (26♀/30♂) gesunden Teilnehmern keine Korrelation der maximalen Greifkraft zur Handlänge, Fingerlänge oder Handbreite. Sie folgerten daraus, dass sich die Geräteeinstellung nicht an der Handanatomie orientieren solle. Auch Trampisch et al. [29] lehnen die Geräteeinstellung anhand der Anatomie ab. Bei 50 Probanden (29♀/21♂) fanden Sie keinen Zusammenhang zwischen der maximalen Greifkraft und der Handspanne und behaupteten, dass die maximale Greifkraft immer mit der Stufe 2 des JAMAR-Dynamometers erreicht werde. Ruiz-Ruiz et al. [26] fanden bei ihrem Kollektiv bestehend aus 40 Frauen und 30 Männern heraus, dass zwar bei Frauen ein Zusammenhang zwischen der Handgröße und der Stufe des JAMAR-Dynamometers bestünde, bei Männern hingegen die Handgröße keine Rolle spiele. Bei diesen sei es daher ausreichend, die Geräteeinstellung auf einer Spannweite von 5,5 cm zu belassen, dies entspricht einer Einstellung auf Stufe 2 bzw. 3 des JAMAR-Dynamometers. Zusammenfassend können unserer Ergebnisse und die widersprüchlichen Ergebnisse aus der Literatur dahin gehend interpretiert werden, dass der Einfluss von anatomischen Variablen auf die maximale Greifkraft gering ist und erst bei großen zu umgreifenden Spannweiten bei kleinen Händen relevant wird. Die Geräteeinstellung sollte daher nicht alleine an der Handanatomie vorgenommen werden. In unserer Studie erreichten

die meisten Patienten die maximale Greifkraft mit den JAMAR-Stufen 2 und 3 sowie mit der Ballongröße 3 des Martin-Vigorimeters. Aufgrund dieser Beobachtung und der guten Gerätekorrelationen sollte die Messung mit den Stufen 2 und 3 des JAMAR-Dynamometers und dem Ballon 3 des Martin-Vigorimeters durchgeführt werden. Bei sehr großen und sehr kleinen Händen sollte auf die passenden Stufen bzw. Ballons ausgewichen werden. Hierzu erscheint es sinnvoll mit mehreren Stufen zu messen und die Stufe mit den höchsten Werten zu verwenden.

Im Bezug auf den Zusammenhang zwischen den Messwerten und Alter sowie Geschlecht konnte in der vorliegenden Studie ein Gipfel der maximalen Greifkraft, mit einer Ausnahme, sowohl bei Frauen als auch bei Männern in der Altersgruppe 20-40 Jahre beobachtet werden. Die Greifkraft ließ mit zunehmendem Patientenalter nach und erreichte die niedrigsten Werte in der Altersgruppe  $> 80$  Jahre, unabhängig vom Geschlecht. Auch Mathiowetz et al. [18] beschrieben die höchsten Greifkraftwerte in der Altersgruppe 25-39 Jahre mit nachfolgendem Abfall der Werte. Tyler et al. [30] beschrieben, dass bei älteren und multimorbiden Patienten die Messung mit dem JAMAR-Dynamometer durch dessen Gewicht und Steifheit erschwert bis unmöglich sei. Auch bei unseren Messungen zeigten viele ältere Patienten eine Schwerfälligkeit im Umgang mit dem Gerät. Dies kann darauf hindeuten, dass falsch niedrige Greifkraftmessungen ab einem bestimmten Alter beziehungsweise einem hohen Krankheitsgrad häufiger auftreten und dadurch die Korrelation zu den Werten des besser bedienbarem Martin-Vigorimeters abnimmt.

Folgende Einschränkung der vorliegenden Arbeit ist zu erwähnen: Normalerweise werden die obengenannten Geräte an kranken Patienten verwendet. Um Normwerte zu erlangen wurden alle Patienten mit Erkrankungen der Hände von der Untersuchung ausgeschlossen. Der Studienaufbau sah dies vor, um den Effekt von Falschmessungen, wie sie bei Patienten mit Einschränkungen der oberen Extremitäten gehäuft auftreten, zu minimieren. Viele von den in

dieser Studie vorgenommenen Gerätevergleichen des JAMAR-Dynamometers und des Martin-Vigorimeters sind in der aktuellen Literatur bereits zu finden, allerdings ist dies, nach unserem Wissen, die erste und einzige Studie, die alle Einstellungen beider Geräte miteinander vergleicht und Umrechnungsfaktoren angibt. Diese Umrechnungsfaktoren erlauben es, andere Studien mit ähnlichen Populationen, die entweder das eine oder das andere Gerät benutzen, vergleichbar zu machen und die Menge an Daten für Metaanalysen handchirurgischer Fragestellungen zu vergrößern.

## **IV. Zusammenfassung**

In der vorliegenden Arbeit wurden 339 randomisiert ausgewählte, handgesunde Patienten mit dem JAMAR-Dynamometer und dem Martin-Vigorimeter auf maximale Greifkraft untersucht. Das primäre Ziel war die Ermittlung von Umrechnungsfaktoren für die Messwerte aller Stufen beider Geräte auf der Basis einer guten Korrelation. Weiter wurden der Einfluss von anatomischen Parametern der Hand und des Unterarmes sowie von Alter und Geschlecht auf die maximale Greifkraft untersucht. Es wurden folglich die allgemeine Anamnese und anatomische Messgrößen erhoben und anschließend unter standardisierten Bedingungen die maximale Greifkraft auf allen Stufen beider Geräte ermittelt. Im direkten Vergleich aller 28 Einstellungen fanden sich moderate bis sehr hohe Gerätekorrelationen. Der Einfluss der Handanatomie war bei Verwendung des JAMAR-Dynamometers größer als bei Verwendung des Martin-Vigorimeters. Der Unterschied der Greifkraftwerte weiblicher und männlicher Probanden war bei der Messung mit dem JAMAR-Dynamometer größer als bei der Messung mit dem Martin-Vigorimeter. Die meisten Patienten erreichten die maximale Greifkraft auf den JAMAR-Stufen 2 und 3 sowie mit der Ballongröße 3 des Martin-Vigorimeters. Die hohe Vergleichspräzision war die Grundlage für die Berechnung von Umrechnungsfaktoren aller Stufen beider Geräte. So können die Ergebnisse von bereits veröffentlichten Studien vergleichbar gemacht und die Menge an Daten für Metaanalysen signifikant erhöht werden.

## V. Literaturverzeichnis

1. Anakwe RE, Huntley JS, McEachan JE. Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *J Hand Surg Eur Vol.* 2007;32:203-9.
2. Bellace JV, Healy D, Besser MP, Byron T, Hohman L. Validity of the Dexter Evaluation System's Jamar Dynamometer Attachment for Assessment of Hand Grip Strength in a Normal Population. *J Hand Ther.* 2000;13:46-51.
3. Boadella JM, Kuijer PP, Sluiter JK, Frings-Dresen MH. Effect of self-selected handgrip position on maximal handgrip strength. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:328-31.
4. Bohannon RW, Schaubert KL. Test–Retest Reliability of Grip-strength Measures Obtained over a 12-week Interval from Community-dwelling Elders. *J Hand Ther.* 2005;18:426-8.
5. Clerke AM, Clerke JP, Adams RD. Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers. *J Hand Ther.* 2005;18:19-29.
6. Clifford MS, Hamer P, Phillips M, Wood FM, Edgar DW. Grip strength dynamometry: reliability and validity for adults with upper limb burns. *Burns.* 2013;39:1430-6.
7. Desrosiers J, Hebert R, Bravo G, Dutil E. Comparison of the Jamar dynamometer and the Martin vigorimeter for grip strength measurements in a healthy elderly population. *Scand J Rehabil Med.* 1995;27:137-43.
8. Espana-Romero V, Artero EG, Santaliesra-Pasias AM, Gutierrez A, Castillo MJ, Ruiz JR. Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *J Hand Surg Am.* 2008;33:378-84.
9. Everett PW, Sills FD. The relationship of grip strength to stature, somatotype components, and anthropometric measurements of the hand. *Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation.* 1952;23:161-6.
10. Fess E, Moran C. American society of hand therapists: Clinical assessment recommendations. *Garner: the Society.* 1981.
11. Fraser A, Vallow J, Preston A, Cooper RG. Predicting 'normal' grip strength for rheumatoid arthritis patients. *Rheumatology (Oxford).* 1999;38:521-8.
12. Funfgeld EW. [The vigorimeter: for measurement of the strength of the hand and simulation testing]. *Dtsch Med Wochenschr.* 1966;91:2214-6.
13. Hemberal M, Doreswamy V, Rajkumar S. STUDY OF CORRELATION BETWEEN HAND CIRCUMFERENCE AND MAXIMUM GRIP STRENGTH (MGS). *Natl J Physiol Pharm Pharmacol.* 2014;4:195-7.
14. Incel NA, Ceceli E, Durukan PB, Erdem HR, Yorgancioglu ZR. Grip strength: effect of hand dominance. *Singapore Med J.* 2002;43:234-7.
15. Jones E, Hanly JG, Mooney R, Rand LL, Spurway PM, Eastwood BJ, et al. Strength and function in the normal and rheumatoid hand. *J Rheumatol.* 1991;18:1313-8.
16. Li K, Hewson DJ, Duchene J, Hogrel JY. Predicting maximal grip strength using hand circumference. *Man Ther.* 2010;15:579-85.
17. Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int.* 2002;9:201-9.
18. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66:69-74.
19. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am.* 1984;9:222-6.
20. Mathiowetz V, Wiemer DM, Federman SM. Grip and pinch strength: norms for 6- to 19-year-olds. *Am J Occup Ther.* 1986;40:705-11.

21. Molenaar HM, Zuidam JM, Selles RW, Stam HJ, Hovius SE. Age-specific reliability of two grip-strength dynamometers when used by children. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1053-9.
22. Mukaka MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J.* 2012;24:69-71.
23. Nicolay CW, Walker AL. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *Int J Ind Ergonom.* 2005;35:605-18.
24. Rhind VM, Bird HA, Wright V. A comparison of clinical assessments of disease activity in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis.* 1980;39:135-7.
25. Ruiz JR, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Castillo MJ, Gutierrez A. Hand Span Influences Optimal Grip Span in Male and Female Teenagers. *J Hand Surg Am.* 2006;31:1367-72.
26. Ruiz-Ruiz J, Mesa JLM, Gutiérrez A, Castillo MJ. Hand size influences optimal grip span in women but not in men. *J Hand Surg Am.* 2002;27:897-901.
27. Sipers WM, Verdijk LB, Sipers SJ, Schols JM, van Loon LJ. The Martin Vigorimeter Represents a Reliable and More Practical Tool Than the Jamar Dynamometer to Assess Handgrip Strength in the Geriatric Patient. *J Am Med Dir Assoc.* 2016;17:466.e1-7.
28. Solgaard S, Kristiansen B, Jensen JS. Evaluation of instruments for measuring grip strength. *Acta Orthop Scand.* 1984;55:569-72.
29. Trampisch US, Franke J, Jedamzik N, Hinrichs T, Platen P. Optimal Jamar dynamometer handle position to assess maximal isometric hand grip strength in epidemiological studies. *J Hand Surg Am.* 2012;37:2368-73.
30. Tyler H, Adams J, Ellis B. What Can Handgrip Strength Tell the Therapist about Hand Function? *J Hand Ther.* 2005;18:457.

## **VII. Erklärung nach § 2 Abs. 2 Nr. 6 und 7 Promotionsordnung**

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Hochschule Hannover zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel „Vergleich der Greifkraftmessung mit dem Martin-Vigorimeter und dem JAMAR-Dynamometer beim Gesunden“ in der Klinik für Unfallchirurgie (Medizinische Hochschule Hannover) unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. med. Ralph Gaulke mit der Ko-Betreuung durch Herrn Dr. med. Dr. med. univ. Sebastian Kwisda ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Die Gelegenheit zum vorliegenden Promotionsverfahren ist nicht kommerziell vermittelt worden. Insbesondere habe ich keine Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuerinnen und Betreuer für die Anfertigung von Dissertationen sucht oder die mir obliegenden Pflichten hinsichtlich der Prüfungsleistungen für mich ganz oder teilweise erledigt. Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Weiterhin versichere ich, dass ich den beantragten Titel bisher nicht erworben habe.

Ergebnisse der Dissertation wurden im Journal „IN VIVO“ veröffentlicht.

**Neumann S**, Kwisda S, Krettek C, Gaulke R. (2017) Comparison of the Grip Strength Using the Martin-Vigorimeter and the JAMAR-Dynamometer: Establishment of Normal Values. In vivo. 31(5):917-924. doi: 10.21873/invivo.11147

**Hamburg, den 26.09.2017**

## VIII. Danksagung

Mein Dank gilt insbesondere meinem Doktorvater **Prof. Dr. Ralph Gaulke** für die Ermöglichung dieser Arbeit. Er hat mich in den letzten Jahren bei der Durchführung und Verschriftlichung betreut und stand mir stets mit Rat zur Seite.

Ich danke meinem Betreuer **Dr. Sebastian Kwisda** und dessen Ehefrau **Koko Kwisda**, die mich durch meine Promotion begleitet und mir immer wieder zu neuen Motivationsschüben verholfen haben. Ich freue mich, dass uns mittlerweile eine tiefe Freundschaft verbindet.

**Prof. Dr. Dr. Reinhard Friedrich** möchte ich für seinen geduligen, ruhigen Charakter und die Unterstützung an meiner neuen Klinik danken.

Mein größter Dank gilt meinen **Eltern** und meinen **drei Geschwistern** sowie **Milou** und **Max**. Ihre immer fortwährende Unterstützung und Motivation waren für mich der Schlüssel zum Erfolg. Ihnen widme ich diese Dissertation.