

Intra-epidermal electrical stimulation (IES)

表皮内刺激を用いた痛みの客観的評価法

牛田 享宏

柴田 由加

中楚 友一郎

愛知医科大学医学部学際的痛みセンター

愛知医科大学病院中央臨床検査部

愛知医科大学医学部学際的痛みセンター

刺激に対して過敏に反応し、
強く痛みを訴える患者群は臨床上問題となりやすい

→

痛覚伝達メカニズムを可視化する方法の検討が必要



画像診断の評価

CT, MRIなど



機能評価

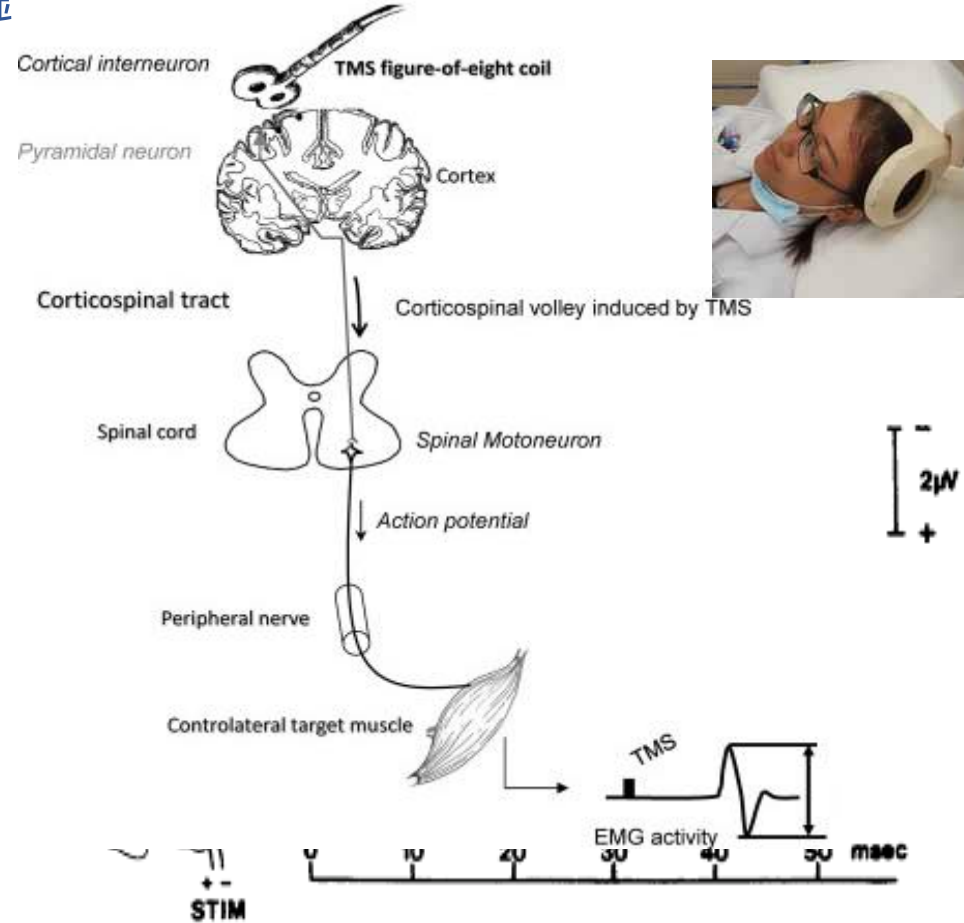
電気生理学的検査

MEP (運動神経誘発電位)

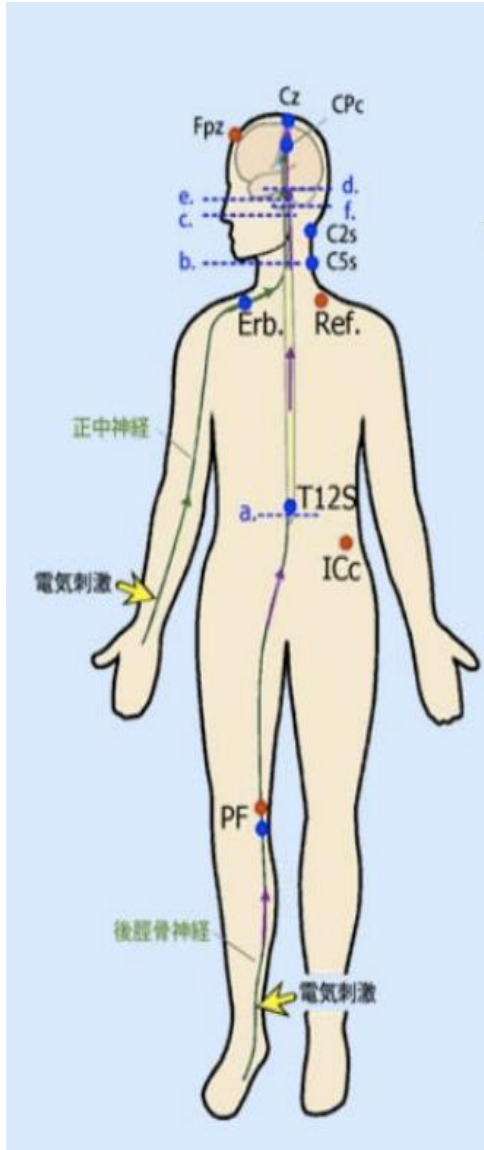
SEP (体性感覚誘発電位)

神経伝導検査

金



【体性感覚誘発電位測定法】



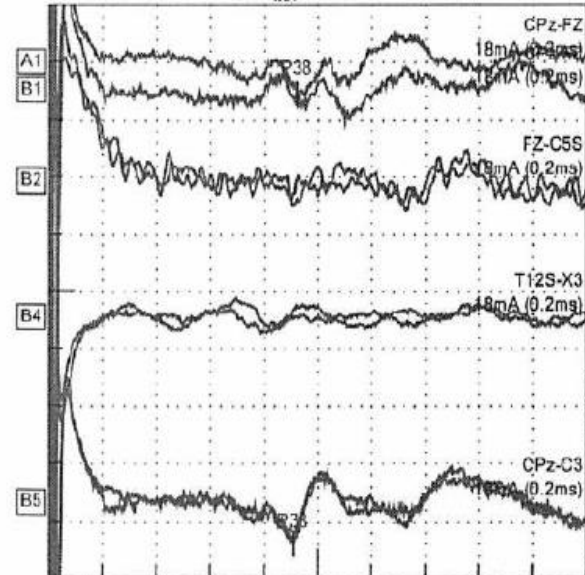
SSEP [4ch. 下肢右刺] 激

Wave	Electrode	Latency						Stim.	Ave.
		LP	P31	N34	P38	T21			
A1	CPz-FZ				46.1ms			18mA	277
A5	CPz-C3				45.5ms			18mA	277

SSEP [4ch. 下肢左刺] 激

Wave	Electrode	Latency						Stim.	Ave.
		LP	P31	N34	P38	T21			
B1	CPz-FZ				47.2ms			18mA	373
B5	CPz-C4				47.1ms			18mA	373

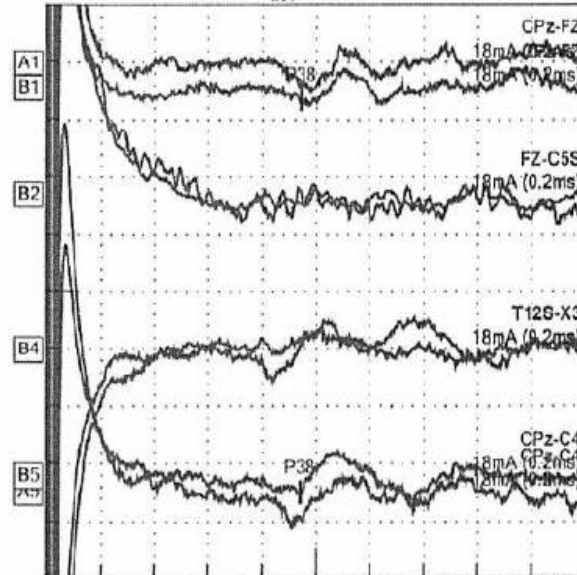
SSEP [4ch. 下肢右刺] Tibial 激



Right

A1: 1uV/10ms
A2: 2uV/10ms
A3: 10uV/10ms
A4: 2uV/10ms
A5: 1uV/10ms
B1: 1uV/10ms
B2: 2uV/10ms
B3: 5uV/10ms
B4: 2uV/10ms
B5: 1uV/10ms

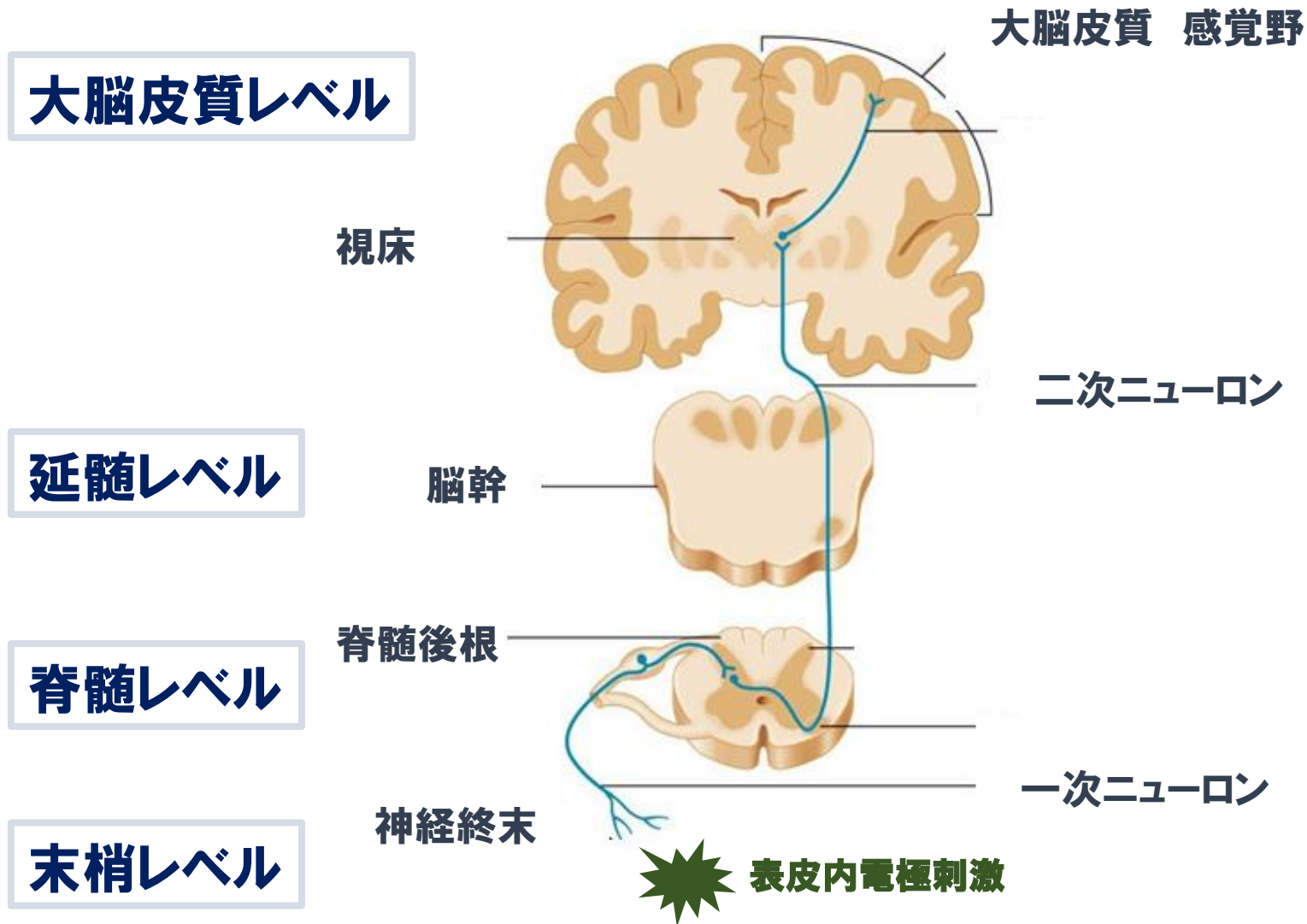
SSEP [4ch. 下肢左刺] Tibial 激



Left

A1: 1uV/10ms
A2: 2uV/10ms
A3: 10uV/10ms
A4: 1uV/10ms
A5: 1uV/10ms
B1: 1uV/10ms
B2: 2uV/10ms
B3: 10uV/10ms
B4: 1uV/10ms
B5: 1uV/10ms

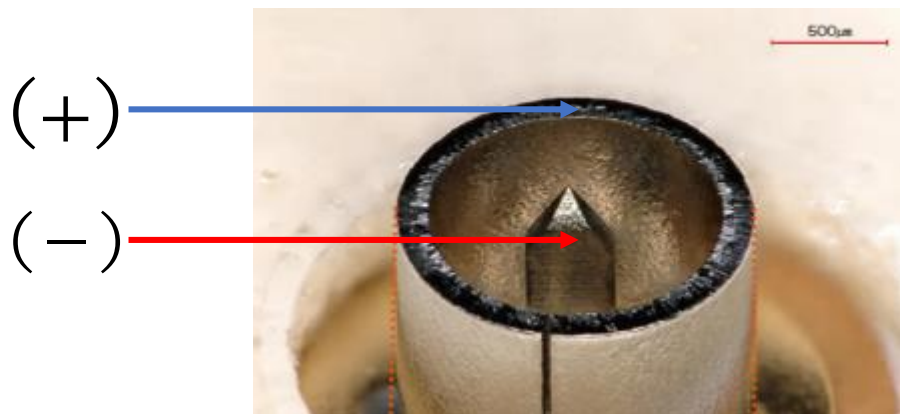
【侵害受容感覚伝導経路】



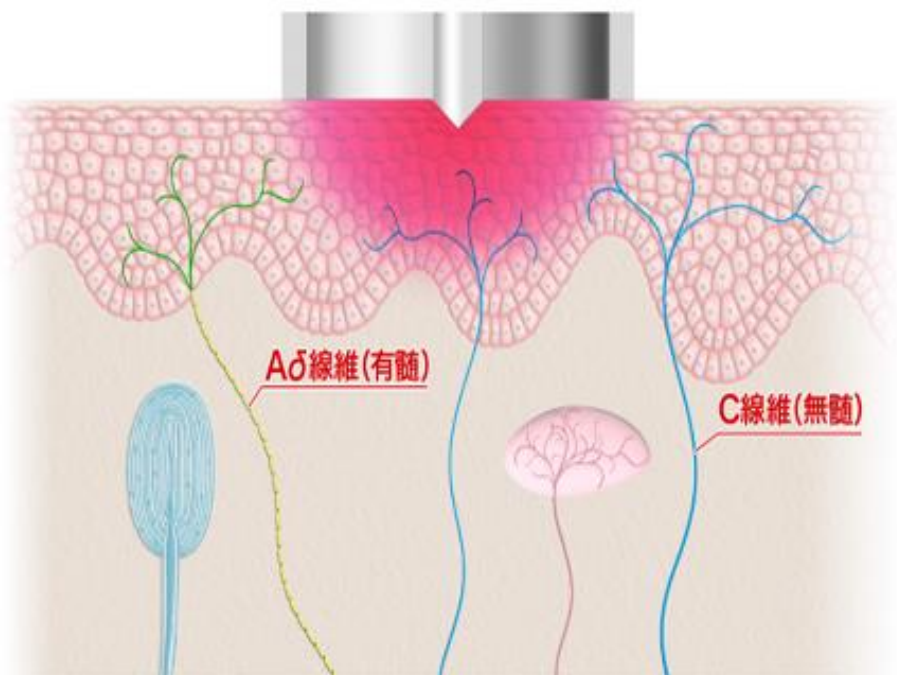
【携帯型末梢神経検査装置 PNS-7000】



Aβ線維 (有髄)	Aδ線維 (有髄)	C線維 (無髄)
30~80m/s	10~30m/s	0.5~2.5m/s
触覚、振動覚など		痛覚

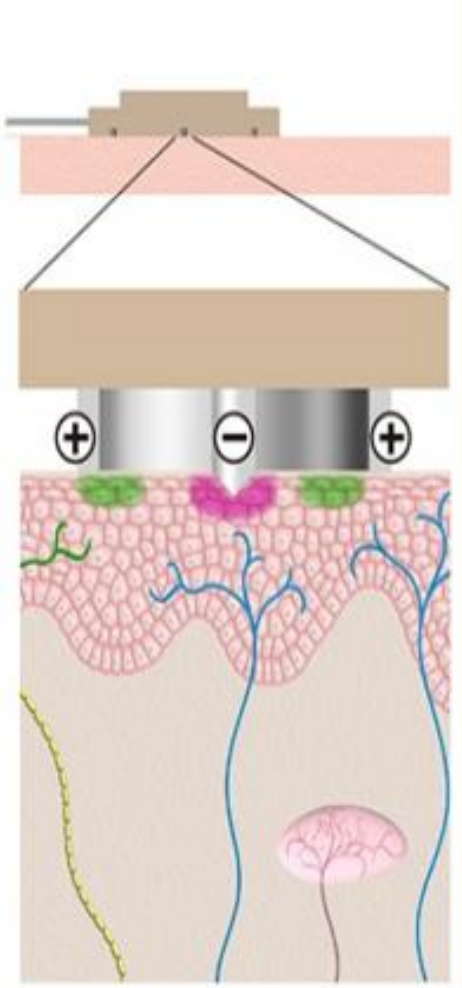


【表皮内刺激電極による刺激】

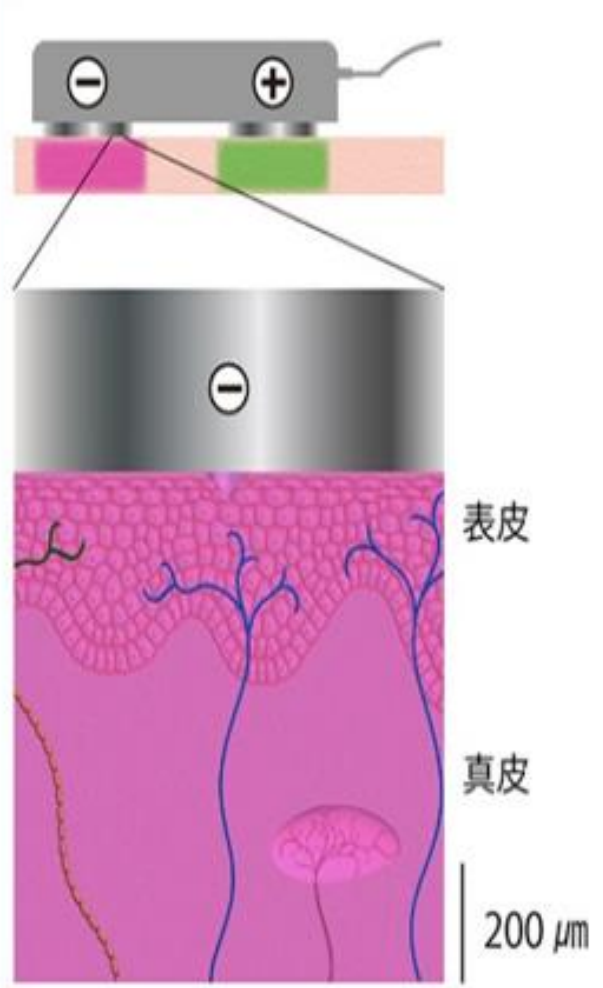


Aβ線維 (有髄) 30~80m/s	Aδ線維 (有髄)	C線維 (無髄)
触覚、振動覚など		
痛覚		

表皮内電機刺激

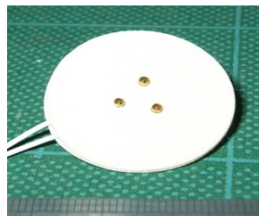
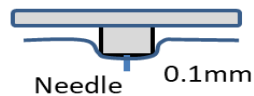


電気刺激



【表皮内刺激電極による刺激】

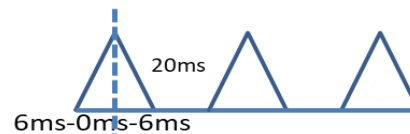
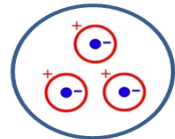
Interdermal Electrodeを用いた同一部位の刺激法



PNS-7000 (日本光電)

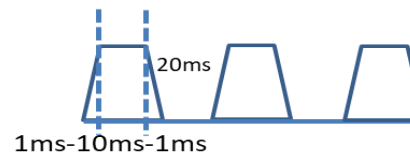
(Inui K., Cereb Cortex.2006)

A δ 刺激

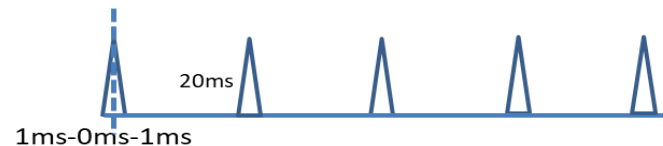
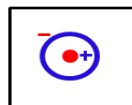


3箇所同時刺激してSpatial Summationさせる

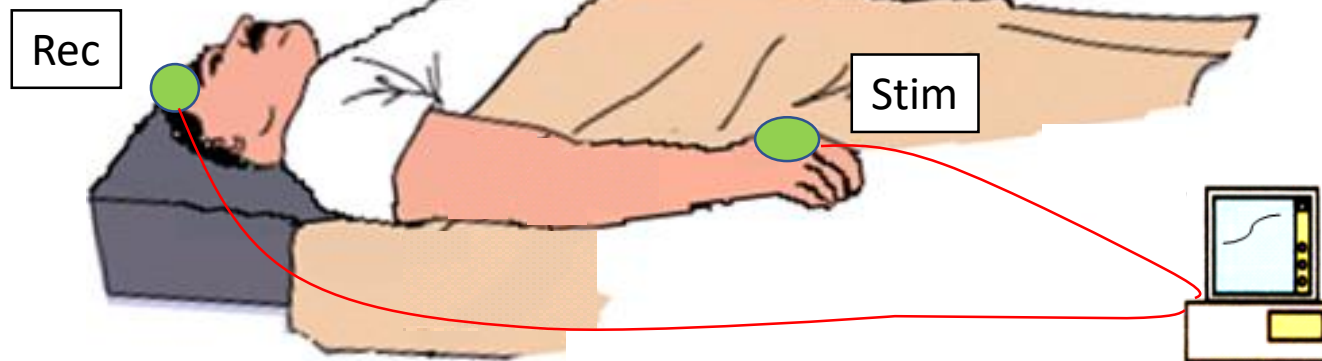
A β 刺激



C 刺激



5-10回連続刺激してTemporal Summationさせる



PINT 検査

(pain threshold of intraepidermal nerve terminal test : 表皮内神経痛覚閾値検査)

【測定原理】

中心の針電極を陰極、外套を陽極として微弱電流を流すと、表皮内に形成された弱電流サーキットがA δ 線維終末を刺激する。

※表皮内には血管がないので電極をはりつけても出血はなく、痛み感も全くない。

【測定の手順】一連の検査は10分程度で実施可能

- ① 持続時間2.2msの三連矩形波を手動で与え、痛み感を感じたらボタンを押すよう説明して、検査を開始する。
- ② 健常者ならほぼ間違いなく痛み感を感じる 0.2mA 刺激によって本検査で感じるチクリ感を学習してもらう。もし、その強度でチクリ感を感じないなら、チクリ感が分かる強さまで 0.05mA ずつ強度を上げてみる。
- ③ はっきり刺激を感じた強度から 0.05mA ずつ刺激強度を下げながら、痛み感の有無を逐次報告してもらう。

皮膚温度 31.6 °C (30°C以上) 年齢: 性別: 男 (女)

部位 手 甲 親趾

電流	反応時間	反応時間	反応時間	反応時間
1.00				
0.95				
0.90				
0.85				
0.80				
0.75				
0.70	0.78			
0.65	0.38			
0.60	0.46			
0.55	0.38	0.40 0.38		
0.50	0.42 x	x x 0.66 0.46 0.42	0.50	
0.45	0.52	0.68 x x x	0.42	
0.40	0.42	x	0.80	
0.35	0.56 0.56 0.46		0.42	
0.30	x x x		0.42 0.62 0.60	
0.25			0.68 x x x	
0.20			x	
0.15				
0.10				
0.05				
0.01				

備考:

IESを用いた A δ SEP

(somatosensory evoked potentials : 体性感覚誘発電位検査)

小径線維の客観的な病態評価を行うために、IEPを用いた刺激閾値検査（PINT）実施後、誘発電位検査を実施し波形(A δ -evoked potential ; A δ -SEP)を記録した。

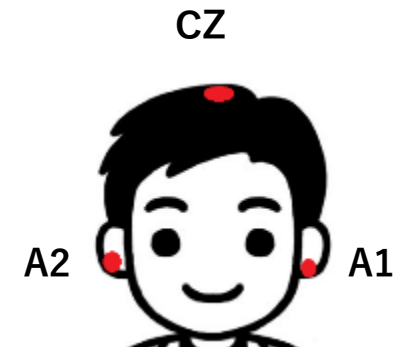
実施条件

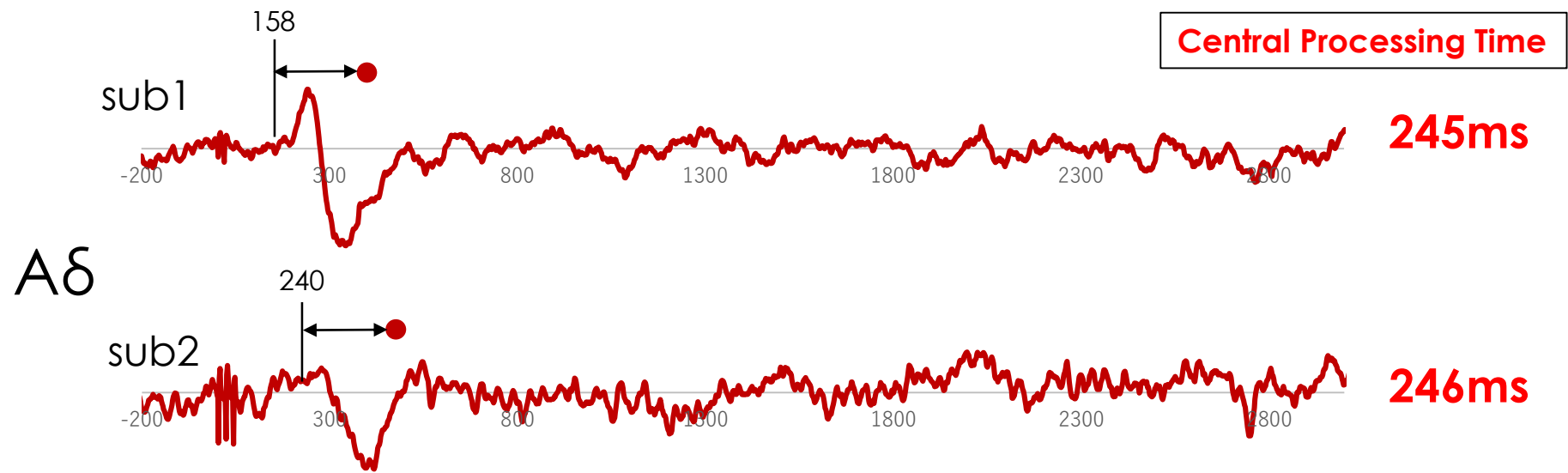
導出電極 国際10-20法の電極配置における
A1+A2（基準電極）, CZ（記録電極）

刺激部分 下肢短趾伸筋

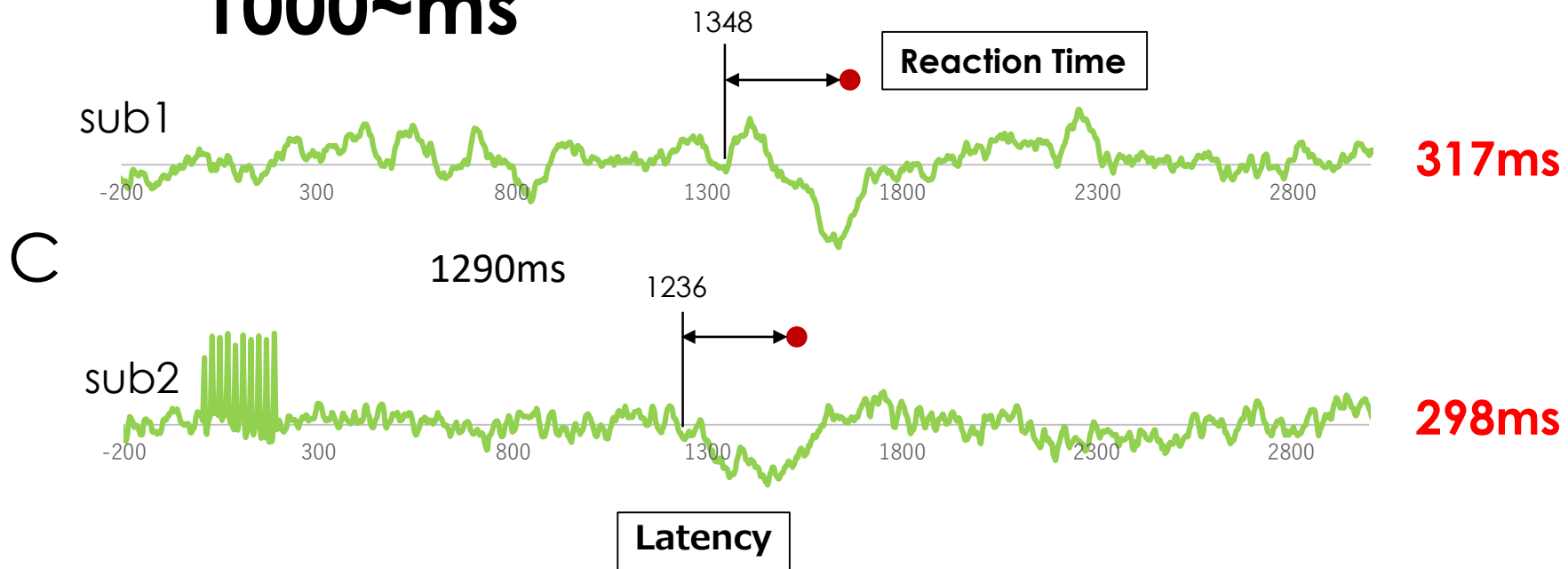
刺激強度 刺激閾値の1.2～2.0倍
(被験者が刺激を感じられる強度)

刺激回数 15～20回 加算平均法





1000~ms



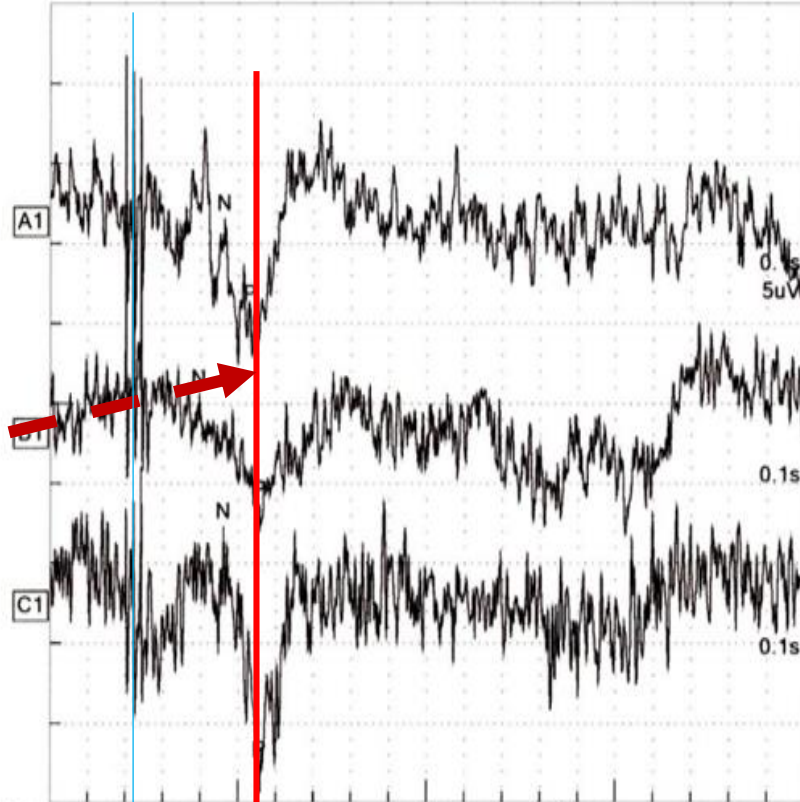
IEPを用いた Aδ刺激SEP波形

Examination Information
 Side Right
 Date 2021/08/23
 Comment1

No.

Nerve
 Examiner 柴田由加
 Comment2

刺激



No. V-gain Analysis (/div)
 A1 5uV 0.1s
 B1 5uV 0.1s
 C1 5uV 0.1s

No. Annotation
 A1 CZ-A+
 B1 CZ-A+
 C1 CZ-A+

Date 2021/08/23 Time 09:43:03
 Lo-cut 1Hz Hi-cut 100Hz
 AC Filter OFF
 Trigger Stim Rate
 Mode EXT1
 Delay 0ms
 Interval
 Train Number

P潜時

-Latency-								-Measure-					
No.	Latency(ms)							Type	Segment	Mark Pair 1		Mark Pair 2	
	P38	N45	L3	L4	L5	N	P			From-To	Value	From-To	Value
A1						265.00	333.00						
B1						197.00	357.00						
C1						262.00	358.00						

-Status-					
No.	Electrode (-)(+)	Sensitivity (/div)	Delay Time	Average Count	Reject Count
A1	CZ-A+	20uV	-2div.	20	0
B1	CZ-A+	20uV	-2div.	21	0
C1	CZ-A+	20uV	-2div.	20	0

① 短時間刺激

Stim

0.25 mA

【対象】

	慢性疼痛患者 (n=59)	刺激過敏 (n=6)	健常者 (n=20)
性別(男性：女性)	20：39	1：5	10：10
年齢(years) * 年齢幅	68.6±14.0 (30~96)	68.7±15.8 (40~87)	44.3±17.6 (21~84)
BMI(kg/m ²)	22.2±3.5	23.7±3.7	21.6±3.0

表皮内刺激電極 IESを用いた痛覚閾値検査は健常者において年齢との関連は認められなかった。

*: Pain thresholds are unaffected by age in a Japanese population :Y. Suzuki : Muscle Nerve.2020;1-4

【結果】慢性疼痛患者と健常者の比較

	慢性疼痛患者 (n=59)	刺激過敏 (n=6)	健常者 (n=20)
痛覚閾値 (mA)	0.26±0.24	0.34±0.33*	0.16±0.07*
Aδ SEP 出現率(%)	69.5* ¹	50.0* ¹	100* ¹
P潜時 (ms)	37.0±7.5	38.0±8.3	36.7±6.0

Data presented as mean ±SD

*Mann-Whitney U test p<0.05

*¹ カイ2乗検定

表皮内刺激電極 IESを用いた痛覚閾値検査は健常者において年齢との関連は認められなかった。

IESを用いたA δ -SEPとPINT検査の有用性と課題

- 神経障害の評価に電気生理検査が役に立つ
- PINT検査は神経障害を評価できる可能性がある
- A δ -SEPは慢性疼痛患者では波形が取りにくいことが多かった
- 痛覚に関わる小径線維の評価にIESが応用できるか、更なる検討が必要

